



Auxiliar de Operadores de Mobilidade

ANA RITA MOUTINHO BASÍLIO

Outubro de 2019

Auxiliar de Operadores de Mobilidade

Ana Rita Moutinho Basílio

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

Orientador: Isabel Sampaio

Júri:

Presidente:

Vogais:

Porto, Outubro de 2019

Agradecimentos

Agradeço a todos aqueles que fizeram parte deste meu percurso acadêmico e que possibilitaram a concretização deste projeto.

Agradeço aos meus colegas de trabalho que me apoiaram e me aconselharam durante a elaboração deste projeto. Um especial obrigado ao Engenheiro Jorge Pinto que dedicou do seu tempo para discutir e rever o trabalho realizado. Dirijo também um agradecimento ao Doutor Paulo Ferreira dos Santos por me ter dado apoio sempre que necessário.

Agradeço à Professora Isabel Sampaio por ter aceitado o meu convite para ser minha orientadora e por me ter dado os alicerces necessários para uma melhor estruturação e construção deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos e família por terem sido uma presença constante neste processo.

Resumo

Nos últimos tempos, tem surgido um grande número de soluções tecnológicas que visam melhorar e adaptar os nossos meios de transporte. No entanto, por norma, estas novas abordagens tecnológicas são integradas no seio de operações das empresas privadas de mobilidade, ficando as empresas públicas excluídas. Sublinhando-se que os transportes públicos são uma peça importante na mobilidade urbana, torna-se imprescindível que estes serviços evoluam para um modo mais flexível e adaptável às necessidades dos seus passageiros, de forma a acompanhar a evolução tecnológica atual.

Neste projeto é proposto o desenvolvimento de uma plataforma *web* que seja capaz de se comportar como uma Intelligent Transport System (ITS). As ITS são plataformas cujo objetivo é tornar as redes de operações dos transportes mais seguras, mais coordenadas e mais inteligentes. Deste modo, a plataforma *web* deverá ser capaz de possibilitar às empresas de transportes públicas melhorias associadas aos seus serviços. Sendo que essas melhorias se relacionam com o facto de estas empresas passarem a ter a possibilidade de gerir os seus recursos de uma forma mais eficaz, averiguarem se novas soluções resultam junto dos seus passageiros e realizarem análises mais precisas relativas ao funcionamento dos seus transportes.

A plataforma trabalhará em conjunto com uma aplicação móvel conhecida por *Pick* que se enquadra no contexto da mobilidade. Esta última disponibiliza rotas e direções, acompanha os viajantes no decorrer das suas viagens e possibilita a compra e validação de bilhetes a partir do *smartphone*. A interação entre a *Pick* e a plataforma *web*, será o ponto central de algumas das funcionalidades que a plataforma irá disponibilizar e que se revelam ser de grande importância para as respetivas empresas. Não só, por algumas serem uma novidade para estas, mas também por possibilitarem um aumento do nível de automatização dos seus processos.

Da solução proposta, foi possível desenvolverem-se as funcionalidades que se consideram ser as mais importantes para as empresas de transportes, bem como um outro conjunto de funcionalidades que são imprescindíveis ao normal funcionamento da plataforma: registar o operador, *login/logout*, visualizar os detalhes das rotas/paragens, visualizar dados de mobilidade produzidos em tempo real, visualizar e enviar alertas aos passageiros, e por último, visualizar/exportar relatórios de viagens e de compra de bilhetes.

Palavras-chave: Intelligent Transport System (ITS), Transportes públicos, Dados de mobilidade, *Pick*

Abstract

Recently, a large number of technological solutions has emerged with the goal to improve and adapt our means of transportation. However, these new technological approaches are normally integrated into the operations of private mobility companies, leaving public companies out of business. Being the public transportation an important piece of urban mobility, it is important that these type of services evolve to a more flexible and adaptable mode in order to keep up with the current technological developments.

In this project it is proposed the development of a web platform that can behave as an Intelligent Transport System (ITS). The ITS platforms are aim to make transport operations networks safer, more coordinated and smarter. Therefore, the web platform should be capable of enabling public transport companies to improve their services. These improvements are related to the fact that these companies are now able to manage their resources in a more intelligent way. The operators are crossed with the possibility to analyze whether new approaches work with their passengers, to perform more accurate analyzes of their transport operations, or even access mobility data on a real time mode.

The platform will work in pair with a mobile application known as Pick witch fits into the mobility world. These application provides routes and directions, follows the passengers throughout their travels, enables the purchase and validation of tickets using only a smartphone, among other features. The interactions establish between Pick and the web platform will be the center of some features provided that prove to be new and important for the transportation companies ways of operating. This level of importance relies on the fact that some features are new to them, but also because they allow an increase of the automation associated to their processes.

From the proposed solution, it was possible to develop the features considered to be the most important for the companies, as well as another set of features that are essential to the normal operation of the web platform: operator registration, login/logout, view route/stop details, view real-time mobility data, view and send alerts directly to the passengers, and finally view/export travel and ticketing purchase reports.

Keywords: Intelligent Transport System (ITS), Public transportation, Mobility data, Pick

Índice

1	Introdução	1
1.1	Contexto	1
1.2	Problema	2
1.3	Objetivos	3
1.4	Metodologia de Trabalho	4
1.4.1	Levantamento e Análise de Requisitos	4
1.4.2	Arquitetura e <i>Design</i>	5
1.4.3	Implementação e Testes	6
1.5	Organização do Documento	7
2	Análise de Valor.....	9
2.1	Valor e Valor Percebido.....	9
2.1.1	Valor.....	9
2.1.2	Valor percebido	11
2.2	Processo de Inovação.....	13
2.3	Rede de Valor.....	17
2.4	Modelo Canvas	20
3	Estado da Arte.....	27
3.1	A Tecnologia nos Transportes.....	27
3.1.1	A Importância da Tecnologia Integrada nos Transportes	27
3.1.2	Dados de Mobilidade	28
3.1.3	Empresas Privadas de Mobilidade	29
3.1.4	A Mobilidade Urbana Atual	30
3.2	Conceitos Tecnológicos Aplicados à Mobilidade	31
3.2.1	<i>Mobility as a Service</i> (MaaS)	31
3.2.2	Intelligent Transport Systems (ITS)	32
3.2.3	<i>Smart Cities</i> e <i>Big Data</i>	33
3.3	Tecnologia Relevante	34
3.3.1	Pick By Ubrider	34
3.3.2	General Transit Feed Specification (GTFS).....	36
3.3.3	Firebase.....	37
3.3.4	Ferramentas de Mapeamento <i>Online</i>	39
3.3.5	Google Maps API (Ferramenta de Mapeamento <i>online</i>)	40
3.4	Soluções e Projetos de Mobilidade.....	41
3.4.1	Citymapper Smart Ride	41
3.4.2	Moovit.....	42
3.4.3	Via Verde Transportes.....	43
4	Avaliação Tecnológica	45
4.1	Mapeamento <i>Online</i> e Plataforma <i>Web</i>	45
4.2	Seleção.....	46

4.3	Avaliação das Ferramentas	48
4.4	Análise dos Pontos Fortes.....	51
4.5	Conclusão.....	54
5	Descrição Técnica	57
5.1	Análise e Modelação	57
5.1.1	Modelo de Domínio	57
5.1.2	Requisitos Funcionais	59
5.1.3	Requisitos não Funcionais	66
5.2	Desenho da Solução.....	68
5.2.1	Vista Completa da Solução	68
5.2.2	Ambiente de Desenvolvimento	70
5.2.3	Restrição de Utilização	71
5.2.4	Diagramas de Sequência	72
6	Implementação da Solução	81
6.1	Componentes do Google Maps	81
6.1.1	JavaScript Maps API	81
6.1.2	<i>Polylines</i>	83
6.1.3	Criar e Personalizar Marcadores.....	85
6.2	Serviços do Firebase utilizados	87
6.2.1	Cloud Firestore	88
6.2.2	Authentication System	89
6.2.3	Cloud Functions	91
6.2.4	Cloud Messaging.....	91
6.3	Armazenamento e Processamento dos Dados das Empresas de Transportes	93
6.3.1	Estruturação da Base de Dados.....	93
6.3.2	Processo de Inserção dos Dados dos Ficheiros GTFS na Base de Dados.....	95
6.3.3	Funcionamento dos <i>Web Services</i>	96
6.4	Dados Dinâmicos de Mobilidade	97
7	Avaliação	99
7.1	Avaliação do Produto Usando a <i>Framework</i> QEF	99
7.2	Avaliação do Processo de Carregamento das Operações no <i>Dashboard</i>	103
7.3	Testes de Sistema.....	105
7.3.1	Testes Funcionais	105
7.3.2	Testes não Funcionais.....	111
8	Conclusões	115
8.1	Objetivos Realizados	115
8.2	Limitações.....	117
8.3	Trabalho Futuro	118
9	Referências	119
	Anexo 1: Google Maps vs MapBox vs OpenLayers [113]	129

Anexo 2: Tabela QEF e Métricas de Avaliação	130
---	-----

Lista de Ilustrações

<i>Figura 1</i> - Possível interação entre um ITS e um sistema do tipo MaaS	1
<i>Figura 2</i> - Quadro de desenvolvimento da plataforma <i>web</i> [17]	6
<i>Figura 3</i> - Paineis de estatísticas da plataforma [17].....	10
<i>Figura 4</i> - Benefícios que resultam de melhores serviços no setor dos transportes públicos	13
<i>Figura 5</i> - Processo de inovação [22]	14
<i>Figura 6</i> - Modelo do novo conceito de desenvolvimento (NCD) [23].....	14
<i>Figura 7</i> - Rede de valor inerente à plataforma <i>web</i>	18
<i>Figura 8</i> - Rede de valor (grupos: Clientes e <i>Software</i>).....	19
<i>Figura 9</i> - Rede de valor (grupos: Clientes e Partes externas).....	20
<i>Figura 10</i> - Modelo Canvas inerente ao projeto	21
<i>Figura 11</i> - Maiores empresas de <i>ridesharing</i> do ano 2018 [32]	29
<i>Figura 12</i> - Sistema sustentável de uma empresa de transportes [5]	32
<i>Figura 13</i> - Linha de processamento entre Dados de mobilidade e promoção do conceito de <i>Smart cities</i>	34
<i>Figura 14</i> - Simulação de compra de título e início de viagem (Pick) [46]	35
<i>Figura 15</i> - Processos de interação entre a plataforma <i>web</i> e a Pick	36
<i>Figura 16</i> - Modelo GTFS [48]	37
<i>Figura 17</i> - Exemplos de mapas (Google Maps [55], MapBox [56], OpenLayers [57], Leaflet [58])	39
<i>Figura 18</i> - Exemplos práticos da biblioteca <i>Drawing</i> [52].....	40
<i>Figura 19</i> - Serviços consumidos/disponibilizados pela aplicação Moovit [69].....	43
<i>Figura 20</i> - Serviços de mobilidade desenvolvidos pela Via Verde Portugal [71].....	44
<i>Figura 21</i> - Simulação de escolha de rota e disponibilização do título Fertagus [72]	44
<i>Figura 22</i> - Rede da empresa de transportes Fertagus [74] expressa num mapa da Google .	46
<i>Figura 23</i> - Top cinco de ferramentas de mapeamento <i>online</i> [76]	46
<i>Figura 24</i> - Pontuações de grandezas atingidas por ferramenta	51
<i>Figura 25</i> - Percentagem de utilização das ferramentas de mapeamento <i>online</i> [91].....	52
<i>Figura 26</i> - Tabela de preços (API do Google Maps e API da MapBox) [87].....	53
<i>Figura 27</i> - Preço/Pedidos às APIs das ferramentas de mapeamento [96]	53
<i>Figura 28</i> - Modelo de domínio	58
<i>Figura 29</i> - Diagrama de casos de uso	60
<i>Figura 30</i> - Processo de geração de uma nova conta de acesso [17].....	61
<i>Figura 31</i> - Página de recuperação de <i>password</i> [17]	61
<i>Figura 32</i> - Exemplo da página de <i>Dashboard</i> com a rede Fertagus [17].....	62
<i>Figura 33</i> - Exemplo dos detalhes de uma rota e paragem das operações da Fertagus [17]..	63
<i>Figura 34</i> - Exemplo da página de bilhética [17].....	64
<i>Figura 35</i> - Exibição dos horários de uma paragem [17]	64
<i>Figura 36</i> - Exibição dos horários de uma linha [17]	65
<i>Figura 37</i> - Exemplo do formato de envio de alertas [17]	65
<i>Figura 38</i> - Exemplo da página de acesso a dados estatísticos [17]	66
<i>Figura 39</i> - Diagrama de componentes de alto nível da plataforma <i>web</i>	69
<i>Figura 40</i> - Diagrama de implantação	71

<i>Figura 41</i> - Diagrama de sequência (Registrar Operador)	72
<i>Figura 42</i> - Exemplo de um <i>email</i> de boas vindas e link de definição de <i>password</i>	73
<i>Figura 43</i> - Diagrama de sequência (<i>Login</i>)	73
<i>Figura 44</i> - Diagrama de sequência (Enviar Alertas)	74
<i>Figura 45</i> - Diagrama de sequência (Visualizar Dados em Tempo Real)	75
<i>Figura 46</i> - Cartões relativos aos dados de mobilidade produzidos em tempo real [17]	76
<i>Figura 47</i> - Exemplo de um Marker, Polyline e InfoBubble [17]	76
<i>Figura 48</i> - Diagrama de sequência (Visualizar Detalhes de Rotas)	77
<i>Figura 49</i> - Barra de pesquisa de rotas e paragens (<i>dashboard</i>) [17]	78
<i>Figura 50</i> - Diagrama de sequência (Visualizar Bilhética).....	79
<i>Figura 51</i> - Diagrama de sequência (Visualizar horários de paragens/rotas).....	80
<i>Figura 52</i> - <i>Script tag</i> para inserir a JavaScript API Key [55]	81
<i>Figura 53</i> - Requisitos de obtenção de uma Google Maps API Key [55]	82
<i>Figura 54</i> - Função <i>initMap</i> de instanciação dos componentes do mapa	82
<i>Figura 55</i> - Mapa de operações da Rede Expressos refletido no <i>Dashboard</i> da plataforma web [17].....	84
<i>Figura 56</i> - Código de criação de uma <i>polyline</i>	84
<i>Figura 57</i> - Exemplo de uma <i>polyline</i> codificada	85
<i>Figura 58</i> - Exemplo da construção de um marcador	85
<i>Figura 59</i> - Exemplo de personalização de um marcador	85
<i>Figura 60</i> - Linhas da Fertagus que cruzam a paragem Casal Marco ilustradas na plataforma web [17].....	86
<i>Figura 61</i> - Exemplo da construção e inserção de uma <i>InfoBubble</i>	86
<i>Figura 62</i> - Lista de serviços que o Firebase disponibiliza [50]	87
<i>Figura 63</i> - Estrutura do Cloud Firestore [103]	88
<i>Figura 64</i> - Estrutura do Cloud Firestore da plataforma web [50]	88
<i>Figura 65</i> - Criação de um utilizador no Cloud Firestore	89
<i>Figura 66</i> - Sistema de autenticação da plataforma [50]	90
<i>Figura 67</i> - Início de sessão de um utilizador no AS do Firebase [50]	90
<i>Figura 68</i> - <i>Trigger</i> de criação ou eliminação de um utilizador da plataforma.....	91
<i>Figura 69</i> - Processo de envio de notificações através de tópicos [104]	92
<i>Figura 70</i> - Código de envio de um alerta para o tópico “general”	92
<i>Figura 71</i> - Regras de estruturação do formato GTFS [107].....	93
<i>Figura 72</i> - Especificação de regras de elaboração do ficheiro <i>agency.txt</i> [47]	94
<i>Figura 73</i> - Processo de importação dos dados presentes no ficheiro GTFS.....	95
<i>Figura 74</i> - Exemplo de um pedido GET	96
<i>Figura 75</i> - Processo de criação e disponibilização de dados de mobilidade produzidos em tempo real	97
<i>Figura 76</i> - Cumprimento total atingido nas dimensões	101
<i>Figura 77</i> - Rede de operações do Metro de Lisboa e Guanabara - Brasil [17]	104
<i>Figura 78</i> - Símbolos presentes nos fluxogramas	106
<i>Figura 79</i> - Teste funcional, Registrar operador.....	106
<i>Figura 80</i> - Teste funcional, <i>Login/Logout</i> e redefinição de <i>password</i>	107
<i>Figura 81</i> - Teste funcional, <i>Dashboard</i> e visualização de detalhes de rotas/paragens	108
<i>Figura 82</i> - Teste funcional, Visualizar/Enviar alertas	109

<i>Figura 83</i> - Teste funcional, Relatórios de viagens e de compra de bilhetes	110
---	-----

Lista de Tabelas

<i>Tabela 1</i> - Técnicas de elicitação aplicadas	5
<i>Tabela 2</i> - <i>Drivers</i> baseados no valor [20]	11
<i>Tabela 3</i> - Benefícios e sacrifícios para as empresas de transportes	12
<i>Tabela 4</i> - Serviços que geram vantagens inerentes ao uso da plataforma <i>web</i>	22
<i>Tabela 5</i> - Pontos fortes/fracos da ferramenta Google Maps API	48
<i>Tabela 6</i> - Pontos fortes/fracos da ferramenta MapBox API.....	49
<i>Tabela 7</i> - Pontos fortes/fracos da ferramenta OpenLayers API	50
<i>Tabela 8</i> - Catálogo de elementos do diagrama de componentes de alto nível	69
<i>Tabela 9</i> - Cumprimento total dos requisitos por fator e por dimensão	100
<i>Tabela 10</i> - Valores totais de qualidade atingidos pelo sistema.....	102
<i>Tabela 11</i> - Valores de desempenho do carregamento das redes no mapa do <i>dashboard</i> ..	103
<i>Tabela 12</i> - Teste não funcional de desempenho	111
<i>Tabela 13</i> - Teste não funcional de disponibilidade.....	112
<i>Tabela 14</i> - Teste não funcional de suportabilidade	113
<i>Tabela 15</i> - Teste não funcional de compatibilidade	113
<i>Tabela 16</i> - Nível de concretização dos objetivos definidos.....	116
<i>Tabela 17</i> - Dimensão Funcionalidades para o fator Requisitos Funcionais	130
<i>Tabela 18</i> - Dimensão Funcionalidades para os fatores Usabilidade e Dados de Mobilidade	131
<i>Tabela 19</i> - Dimensão Adaptabilidade para os fatores Versatilidade, Manutenção, Segurança e Escalabilidade.....	131
<i>Tabela 20</i> - Dimensão Eficiência para os fatores Rede de Operações e Navegação.....	132
<i>Tabela 21</i> - Métrica de Avaliação para o fator Requisitos Funcionais	133
<i>Tabela 22</i> - Métrica de Avaliação para o fator Usabilidade.....	134
<i>Tabela 23</i> - Métrica de Avaliação para o fator Dados de Mobilidade.....	135
<i>Tabela 24</i> - Métrica de Avaliação para os fatores Versatilidade, Manutenção, Segurança e Escalabilidade	135
<i>Tabela 25</i> - Métrica de Avaliação para os fatores Rede de Operações e Navegação	136

Acrónimos

API	Application Programming Interface
AWS	Amazon Web Services
CSV	Comma Separated Values
FAS	Firebase Authentication System
FCF	Firebase Cloud Functions
FCM	Firebase Cloud Messaging
GCP	Google Cloud Platform
GTFS	General Transit Feed Specification
ITS	Intelligent Transportation System
JSON	JavaScript Object Notation
MaaS	Mobility as a Service
QEF	Quality Evaluation Framework
REST	Representational State Transfer
UI	User Interface
UML	Unified Modeling Language
URL	Uniform Resource Locator
XML	Extensible Markup Language

1 Introdução

Neste capítulo será descrito de forma breve o contexto, problema e por fim os objetivos subjacentes a este projeto. O mesmo terminará com uma explicação relativa à metodologia de trabalho adotada, seguida de uma visão que pretende demonstrar como se encontra estruturado o presente documento.

1.1 Contexto

As empresas de transportes começam agora a integrar um conjunto de sistemas tecnológicos e redes omnipresentes no seio das suas operações. Com a ajuda da tecnologia, os transportes conseguirão tornar-se mais seguros, confortáveis, confiáveis e preparados para qualquer imprevisto que possa surgir enquanto operam. Esta evolução tecnológica, que tem vindo a emergir no setor da mobilidade, deu origem a novos modos de transporte. Empresas privadas de mobilidade como a Uber [1], Lyft [2], Cabify [3], entre outras, têm vindo a crescer cada vez mais e a constituir-se assim, numa ameaça para os transportes públicos. Torna-se por isso importante, que estas empresas de transportes procurem melhorar os seus serviços, quer a nível externo (serviços prestados), quer a nível interno (gestão de recursos), de forma a serem capazes de competir com este tipo de empresas de mobilidade.

A integração de soluções tecnológicas, capazes de dar resposta às necessidades das empresas de transportes públicos, é tida como uma abordagem prática que pode ser uma mais-valia para estas empresas. Tal deve-se ao facto de as soluções tecnológicas representarem menores custos e serem, por norma, mais simples de concretizar, comparativamente com a construção de novas infraestruturas ou adição de frota.

A integração de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) [4] permite que as empresas possam melhorar os seus serviços, através do aumento da confiabilidade e eficiência das suas operações. Isto torna-se possível, pois este tipo de sistemas possibilita a recolha de informação relativa à forma como os passageiros se movimentam. Sendo que, por meio da análise deste tipo de dados, é possível fornecerem-se melhores informações aos próprios passageiros, melhorar a produtividade dos respetivos recursos internos e tomar decisões baseadas em dados concretos para operações e coordenações gerais [5].



Figura 1 - Possível interação entre um ITS e um sistema do tipo MaaS

O acesso a este tipo de dados de mobilidade deve-se, de igual modo, à evolução tecnológica dos dias de hoje. Cada vez mais, os viajantes recorrem a aplicações móveis capazes de os auxiliar nas suas viagens. Sistemas de mobilidade como *Mobility as a Service* (MaaS) [6] permitem a recolha de informação relativa aos padrões de mobilidade dos indivíduos que recorrem a este tipo de sistemas para se deslocarem. Estes sistemas combinam serviços provenientes dos transportes públicos, aluguer de automóveis, táxis e partilha de bicicletas, numa única plataforma acessível a partir de um *smartphone* [7].

Devido ao ritmo acelerado que os desenvolvimentos tecnológicos e urbanos têm vindo a atingir, é importante que as empresas de transportes públicos desenvolvam e aprimorem os seus sistemas de transporte. Sendo que, estes últimos necessitam de evoluir para um modo mais flexível e adaptável às necessidades dos passageiros, de forma a acompanhar a evolução tecnológica que tem vindo a sentir-se na área da mobilidade [8].

1.2 Problema

Numa era cujos dados de mobilidade são tidos como uns dos ativos mais valiosos, quer para as empresas de transportes públicos, quer para privados, o seu acesso e manipulação tornam-se cada vez mais importantes.

Atualmente, as empresas de transportes públicos apresentam poucos meios capazes disponibilizar informações relativas à mobilidade que decorre nas suas operações (por vezes os dados a que têm acesso são recolhidos por trabalhadores e não através de sistemas tecnológicos, o que faz com que a precisão dos mesmos seja diminuída). Tal deve-se ao facto de neste momento, a nível de dados de mobilidade, as empresas de transportes públicos não terem meios para registar ou controlar este tipo de informações de um modo mais automático e mais tecnológico [9]. No entanto, o fraco acesso a dados deste tipo, torna estas empresas menos focadas nos seus passageiros e menos informadas sobre o tipo de mobilidade que se desenvolve nas suas operações.

Os dados de mobilidade definem-se como ativos importantes para estas empresas, pois estes permitem uma gestão mais inteligente dos seus recursos. Estes dados possibilitam que as empresas compreendam se novas soluções resultam junto dos seus passageiros, permitem análises mais precisas sobre o modo como os passageiros recorrem aos seus transportes e transmitem o tipo de mobilidade que decorre nas suas operações diariamente [5]. Sendo que este é o formato de dados que se pretende que a plataforma *web* disponibilize aos operadores, de modo a possibilitar que os mesmos possam evoluir para um modelo mais centrado nos seus passageiros.

Ainda relativamente ao funcionamento dos transportes públicos, é importante referir que atualmente existe um grande número de empresas de transportes em Portugal que não controlam a comunicação que é dirigida aos seus passageiros. Comunicação sonora e visual é em grande parte orquestrada pela empresa pública conhecida por Infraestruturas de Portugal (IP) [10]. O facto de esta empresa pública ser responsável por um grande número de empresas

de transporte, propicia que a informação que se transmite aos passageiros nem sempre se encontre correta ou seja transmitida em tempo útil. Por essa mesma razão, a solução relativa a este projeto irá possibilitar que se estabeleça uma comunicação direta entre o operador de mobilidade e os passageiros. Assim, os operadores serão capazes de comunicar qualquer ocorrência, alerta ou notificação relativa às suas operações diretamente aos passageiros.

Desta forma, pode-se afirmar que a criação de uma rede de transportes públicos eficiente e que vá de encontro às necessidades dos seus passageiros pode não significar a construção de novas infraestruturas e/ou redes rodoviárias. Sendo que este tipo de alterações levariam um tempo considerável a serem concluídas e os seus custos seriam significativos. Assim, e de forma a ultrapassar todos estes contratempos, a resposta está em considerar como é que a tecnologia pode ser utilizada para equilibrar a oferta e procura, recorrendo apenas a recursos já existentes [11]. Tais exigências requerem plataformas do tipo ITS que sejam capazes de dar resposta a um conjunto de processos que fazem parte do dia-a-dia dos operadores.

Deve-se ainda salientar que é importante que este tipo de meios de transporte melhore os seus serviços de modo a possibilitar um aumento na sua adesão. Isto porque, se a mobilidade urbana continuar dependente dos transportes privados, as infraestruturas rodoviárias atuais não serão suficientes e a poluição atmosférica atingirá valores alarmantes provocando assim, uma deterioração na saúde pública e planeta terra.

1.3 Objetivos

Pretende-se que seja desenvolvida uma plataforma *web* que deverá comportar-se como uma ITS e, por isso, seja capaz de automatizar e melhorar as funções desempenhadas pelos departamentos que constituem as empresas de transportes públicos, tais como: departamento comercial, de marketing e permanência de operações. Sendo que, os indivíduos que desempenham funções neste tipo de empresas são conhecidos por operadores de mobilidade.

A plataforma trabalhará lado a lado com uma aplicação móvel conhecida por *Pick* [12] que se enquadra nos sistemas do tipo *MaaS*. Esta última tem como funcionalidades a disponibilização de rotas e direções, acompanha os viajantes no decorrer das suas viagens, possibilita a compra e validação de bilhetes a partir do *smartphone*, entre outro tipo de funcionalidades. A interação entre a aplicação móvel e a plataforma *web*, passa por esta última ter acesso a um conjunto de dados que refletem o fluxo de mobilidade dos utilizadores que usam a *Pick* para se deslocarem. Sendo que desta interação resulta também a possibilidade de se criar um canal de comunicação direto entre os passageiros e os operadores de mobilidade.

O objetivo da plataforma é o de fornecer informações baseadas nas operações e rede das empresas de transporte (bilhética, horários, rotas, paragens), disponibilizar dados estatísticos, relatórios de viagens e de compra de bilhetes, dados produzidos em tempo real (receita por bilhete, viagens por hora, paragens com maior afluência, percentagens de passageiros por filtragem) e, por fim, possibilitar a criação de um canal de comunicação direto entre passageiros

e operadores. Deste seguimento têm origem um conjunto de vantagens que surgem do uso da respetiva plataforma:

- Auxiliar os setores **comercial** e de **marketing** a tomarem decisões e a documentar mensalmente o fluxo de mobilidade registada nos seus transportes, através da produção de relatórios e dados estatísticos;
- Simplificar alguns dos processos executados pelo departamento de permanência de operações (**comunicação direta com os passageiros**);
- Permitir uma **gestão** dos recursos mais **inteligente** e mais **orientada aos seus passageiros** (derivada do tipo de informação de mobilidade produzida em tempo real).

1.4 Metodologia de Trabalho

A metodologia de trabalho que as equipas adotam para desenvolver os seus projetos, pode ser determinante para que se consiga criar uma solução que corresponda ao que os clientes pretendem. A escolha de uma metodologia que assente de forma correta no tipo de solução que se pretende desenvolver, permite que a conceção da mesma seja mais organizada, fluída e robusta.

Por conseguinte, para o desenvolvimento da solução adjacente a este projeto, adotou-se uma metodologia de trabalho que se rege por um conjunto de fases ordenadas e que se definem como o ciclo de desenvolvimento de soluções de *software* [13]. Estas fases têm por base a recolha e análise dos requisitos dos clientes, a sua posterior estruturação, o seu desenvolvimento e, por fim, realizam-se os respetivos testes sobre a solução desenvolvida.

A metodologia Scrum [14] foi também utilizada como uma ferramenta de gestão no decorrer das fases anteriores. Esta última ajudou a clarificar os objetivos sobre os quais a equipa se encontrava a trabalhar e, teve também um papel importante, no que toca ao cumprimento de prazos relativos ao término das respetivas funcionalidades.

1.4.1 Levantamento e Análise de Requisitos

A fase de levantamento de requisitos é o trabalho realizado no sentido de recolher respostas, opiniões, problemas e quaisquer regras ou regulamentações seguidas pelas empresas de transportes. Estes requisitos, que são fornecidos diretamente pelas empresas, ajudam a compreender o que os operadores necessitam que a plataforma lhes providencie e qual a forma mais correta de o fazer.

No decorrer desta fase, foram realizadas um conjunto de reuniões e momentos de troca de informação entre a equipa de desenvolvimento e várias empresas de transportes públicos.

De forma a ser possível realizar todo este processo de levantamento de requisitos, foram seguidos um conjunto de processos de elicitação. Estes últimos conciliam elementos de resolução de problemas, elaboração, negociação e especificação. Procurou-se trabalhar em conjunto com as partes interessadas tendo em conta os seguintes pontos: identificação do(s) problema(s), propor diferentes soluções e procurar uma negociação relativa aos tipos de abordagens possíveis de serem adotadas.

Ao longo deste processo foram aplicadas um conjunto de técnicas que são conhecidas como técnicas de elicitação de requisitos. Na seguinte tabela, encontram-se definidas quais as técnicas aplicadas e seus efeitos. [15]

Tabela 1 - Técnicas de elicitação aplicadas

Técnica	Efeito
Entrevistas	Foram realizadas um conjunto de entrevistas a alguns dos indivíduos responsáveis pelo departamento de marketing, comercial e de permanência de operações. As perguntas dirigidas a estas entidades foram previamente elaboradas, sendo que, as respostas fornecidas foram importantes para a compreensão da solução a desenvolver.
Observação	Foram possíveis alguns momentos de observação na forma como o departamento de permanência de operações realizava as suas tarefas. Estes momentos de observação permitiram compreender a forma como estes operadores controlavam os seus veículos circulantes/não circulantes, bem como a sua rede de operações.
Questionários	Foram trocados um conjunto de <i>emails</i> entre a equipa de desenvolvimento e alguns responsáveis pelos departamentos. Nesses <i>emails</i> , seguiram um conjunto de perguntas que se destinavam a clarificar qualquer tipo de dúvidas ou problemas tidos por parte da equipa de desenvolvimento.

A fase de levantamento de requisitos e sua posterior análise foi muito importante, pois possibilitou definir uma estrutura para a plataforma capaz de permitir que qualquer empresa de transportes pudesse fazer uso da mesma. Muitas vezes, as empresas de transportes apresentam formas de operar distintas (regras de bilhética, formatos de horários, tipos de rotas, entre outras). Assim, com a ajuda destes processos foi possível compreender-se melhor o ambiente de trabalho destes operadores, bem como a sua dinâmica enquanto empresas públicas de mobilidade.

1.4.2 Arquitetura e Design

A fase de Arquitetura e *Design*, tem como objetivo a seleção das tecnologias e arquiteturas que visão o desenvolvimento de uma solução de *software* robusta e que vá de encontro com os requisitos levantados e analisados na fase anterior. É também nesta fase que se define como será o *design* e toda a interação entre o utilizador e a respetiva aplicação, sendo que esta é uma parte importante relativa à conceção da solução de *software* como um produto.

No decorrer desta fase foram realizadas reuniões diárias com os elementos da equipa de desenvolvimento, tanto da área de *design* como da área de desenvolvimento. Os temas destas reuniões passavam pela criação de *interfaces* gráficas e pela forma como o seu fluxo de interação se iria desenvolver, terminando numa componente mais prática, relativa às técnicas e tecnologias que poderiam ser adotadas para desenvolver a solução pensada. Várias abordagens eram discutidas, com a intenção de se conseguir concluir qual seria a melhor implementação a seguir.

1.4.3 Implementação e Testes

Na fase de implementação, definiram-se um conjunto de regras relativas à construção do produto a nível de *design*, passando depois, para o seu respetivo desenvolvimento. Desenhou-se e pensou-se o *design* segundo etapas baseadas numa priorização de requisitos. À medida que cada etapa era concluída por esta equipa, seguia-se com a implementação do respetivo requisito, cuja fase final consistia num conjunto de testes orientados ao mesmo.

De forma a organizar todo este processo, recorreu-se a uma ferramenta de colaboração, conhecida por Trello [16]. A ferramenta possibilitou uma melhor organização de toda a equipa de desenvolvimento, pois esta permite que se priorizem tarefas e disponibiliza todo o processo de desenvolvimento do produto de uma forma precisa e ilustrativa.

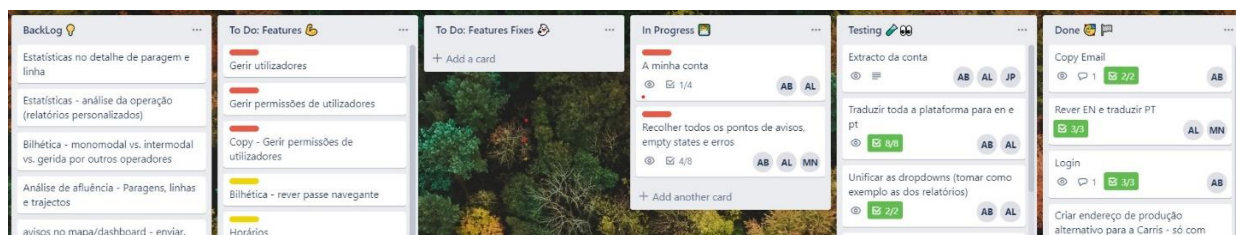


Figura 2 - Quadro de desenvolvimento da plataforma web [17]

Na figura 2 encontra-se representado o quadro de desenvolvimento da plataforma através da ferramenta Trello. Este quadro é constituído por seis listas, cada lista define as etapas de implementação da plataforma. Deste modo, seguem descritas as listas e seus propósitos:

- “*Backlog*” - define ideias e novas funcionalidades que posteriormente são analisadas, de modo a ser possível concluir se as mesmas devem progredir para a lista de “*To Do: Features*”;
- “*To Do: Features*” - agrega as tarefas pensadas e desenhadas para a plataforma que devem de facto ser implementadas;
- “*To Do: Features Fixes*” - contempla os cartões relativos a problemas encontrados a nível da experiência do utilizador ou no próprio *design* que devem ser resolvidos;
- “*In Progress*” - define as tarefas que se encontram a ser implementadas no presente momento;
- “*Testing*” - contém as tarefas terminadas a nível de *design* e implementação, mas que necessitam ainda de ser testadas;

- “*Done*” - contém os cartões que foram testados e, por essa razão, entram-se terminados.

No que toca a reuniões de equipa, a meio de cada semana realizava-se um ponto de situação relativo aos processos que decorriam do lado do desenvolvimento e do *design*. Nessas mesmas reuniões definiam-se prioridades, estipulavam-se quais seriam os períodos de tempo afetos a cada tarefa até que esta estivesse concluída e, por fim, debatia-se qualquer tipo de dúvida ou problema que surgisse na própria reunião.

No que concerne ao processo de testes, que decerta forma é um processo constante, sempre que qualquer tarefa era terminada prosseguiam-se com os respetivos testes internos. Ou seja, todos os elementos da equipa de trabalho ou outro tipo de participantes, realizavam testes aos novos componentes desenvolvidos e reportavam eventuais erros ou problemas encontrados aquando da sua experiência. Neste período, por vezes, recuava-se nas etapas de desenvolvimento da solução, pois qualquer erro encontrado no decorrer da fase de testes resultava num retrocesso dos respetivos cartões até à fase “*In Progress*”.

1.5 Organização do Documento

O presente documento encontra-se organizado em 8 capítulos. Segue uma síntese relativa ao conteúdo que os mesmos abordam:

- **Introdução:** Contextualiza o projeto de forma a ser possível compreender em que contexto se enquadra o mesmo. Descreve o problema que se pretende que seja resolvido, bem como, os objetivos a serem atingidos. Termina com a definição e descrição da metodologia de desenvolvimento do projeto;
- **Análise de Valor:** Apresenta uma reflexão sobre a análise de valor inerente ao projeto. São abordados os seguintes temas: tipos de valor gerados, aplicação de métodos de avaliação inerentes às etapas de desenvolvimento do *software*, é esboçada uma Rede de Valor e, por fim, é desenvolvido o Modelo Canvas sobre o projeto. Com a ajuda destas secções de valor e de enquadramento do negócio será mais simples compreender toda a dinâmica do projeto, bem como o seu propósito;
- **Estado da Arte:** Começa por introduzir o nível de significância associado à integração da tecnologia nas empresas de transportes. Explica também, o porquê de os dados de mobilidade serem tão importantes para qualquer empresa de transportes. Analisa as empresas privadas de mobilidade enquanto concorrentes das empresas de transportes públicos. Segue para uma abordagem relativa aos termos tecnológicos que começam a ser introduzidos na área da mobilidade. Apresenta algumas das tecnologias mais importantes no contexto do próprio projeto no que toca ao desenvolvimento da solução e, por último, termina com a descrição sobre um conjunto de produtos e projetos de mobilidade que se consideram ser importantes no contexto deste projeto;

- **Avaliação Tecnológica:** Visa a seleção da tecnologia de mapeamento *online* que mais se adequa ao projeto em questão. Esta avaliação permite analisar os diferentes tipos de ferramentas de mapeamento que existem, de modo a compreender as suas características e assim concluir sobre a melhor. Este é um capítulo relevante para o projeto, pois a plataforma *web* é constituída por um conjunto de funcionalidades que dependem da disponibilização de mapas;
- **Descrição Técnica:** Começa por contextualizar a plataforma e descrever as suas funcionalidades de um modo detalhado. No que toca à secção relativa ao desenho da solução, esta é responsável por descrever a arquitetura subjacente à solução do respetivo projeto. São apresentados os seguintes diagramas: casos de uso, componentes de alto nível, implantação e, por último, diagramas de sequência. É também exposta uma restrição de utilização inerente à plataforma, de modo a perceber-se o seu impacto na utilização da mesma;
- **Implementação da Solução:** Apresenta os pontos principais de desenvolvimento que permitiram a construção da solução de *software* inerente a este projeto. São descritos os seguintes processos de implementação: desenho e disponibilização dos mapas de operações (Google Maps), utilização de serviços externos que possibilitam uma construção ágil e segura da solução (Serviços do Firebase) e, por fim, segue uma descrição que visa distinguir os diferentes tipos de dados de mobilidade que a plataforma *web* deverá disponibilizar aos operadores (dados estáticos e dinâmicos);
- **Avaliação:** Aplicada a ferramenta de avaliação de qualidade (QEF) sobre a plataforma, sendo que posteriormente os resultados obtidos através da mesma são analisados de forma a ser possível concluir qual a qualidade do sistema perante uma solução ideal. Em seguida avalia o desempenho relativo ao carregamento das redes de operações nos mapas que a plataforma *web* disponibiliza. Este teste tem como objetivo concluir se o tempo de carregamento das redes se encontra em conformidade com os requisitos dos utilizadores. Por último é efetuado um teste de sistema que visa analisar o fluxo da plataforma *web* quer a nível das suas funcionalidades (Testes Funcionais) quer a nível de aspetos não funcionais (Testes não Funcionais), tais como: tempos de resposta, segurança, adaptação a diferentes ambientes (*browsers* e ecrãs), manutenção, entre outros;
- **Conclusões:** Analisa o estado de implementação subjacente aos objetivos definidos e conclui sobre o seu cumprimento e não cumprimento. Posteriormente são detalhadas algumas limitações que se relacionam com os testes inerentes à plataforma e funcionamento do projeto, por último termina com o trabalho futuro a ser desenvolvido.

2 Análise de Valor

A análise de valor é uma das principais técnicas de redução e de controlo de custos. É uma abordagem disciplinada que garante as funções necessárias para a obtenção de um custo mínimo, sem diminuir a qualidade, confiabilidade, desempenho ou mesmo a aparência relativa a um produto ou processo [18].

2.1 Valor e Valor Percebido

A definição de valor pode adquirir diferentes conotações. Desta forma, para que se compreenda concretamente os diferentes tipos de valor associados a este projeto, optou-se pelo enquadramento do valor e valor percebido no contexto do mesmo.

2.1.1 Valor

Nesta secção será expresso o valor associado ao projeto em questão numa perspetiva generalizada. Ou seja, serão definidos os pontos fortes que a plataforma *web* é capaz de gerar, quando integrada no seio de operações das empresas de transportes.

A plataforma possibilita que as empresas passem a ter conhecimento relativo à forma como os seus passageiros recorrem aos respetivos transportes para se moverem. Tal é possível através de informações e dados em tempo real que são conseguidos através de uma aplicação móvel conhecida por Pick. Esta última possibilita a recolha dos dados de mobilidade relativos aos passageiros que se deslocam com a ajuda da aplicação. Sendo que, este tipo de dados chegam à plataforma *web* e são assim disponibilizados diretamente aos operadores de mobilidade. Por conseguinte, as empresas passam a ter a oportunidade de utilizar os dados a que têm acesso, de forma a ajustar o modo de funcionamento dos seus transportes de acordo com o fluxo de mobilidade que é registado nas suas zonas de operação.

Será também possível produzir dados estatísticos importantes para os operadores. A plataforma *web* deve “trabalhar” os mesmos de modo a produzir dados estatísticos capazes de caracterizar o fluxo de mobilidade dos passageiros. Os dados produzidos abrangem os seguintes padrões (ver figura 3):

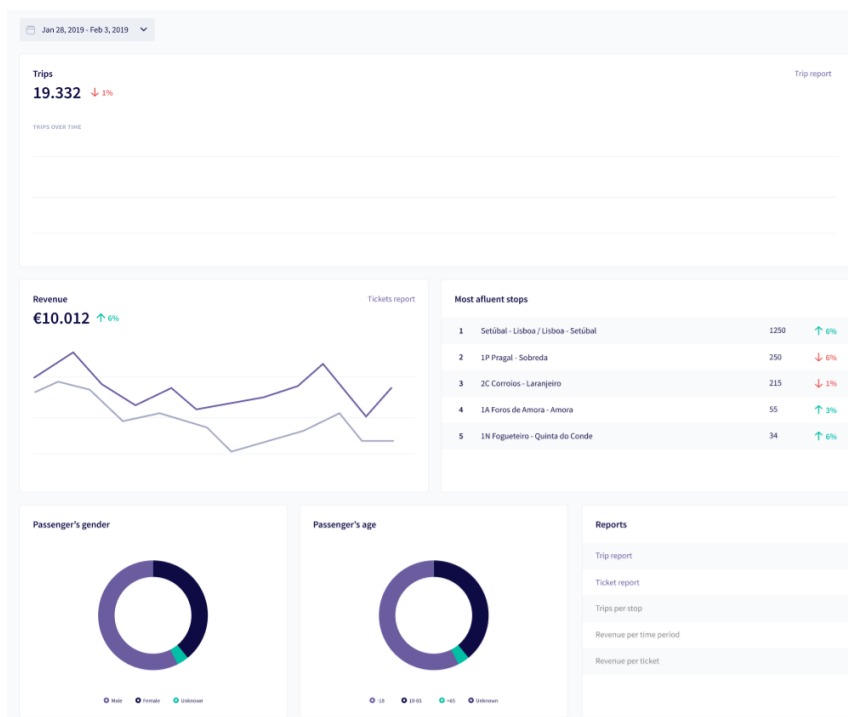


Figura 3 - Painel de estatísticas da plataforma [17]

- Percentagem média de faixa etária/género que recorre mais aos seus transportes, e em que alturas;
- Se a receita gerada tem aumentado ou diminuído;
- Se o número de viagens realizadas tem aumentado ou diminuído;
- Quais as paragens que têm tido mais afluência num determinado período de tempo;
- Produção de relatórios de viagem e de compra de bilhetes.

A plataforma propicia também, a criação de um canal de comunicação direto, entre operadores e passageiros que se deslocam através da Pick. Com a ajuda deste canal de comunicação direto, é possível que qualquer tipo de ocorrência que ocorra nos seus transportes (atrasos, mudanças de veículo, problemas nas linhas ou vias, entre outras ocorrências) seja atempadamente comunicada aos seus passageiros. Os operadores têm a possibilidade de elaborar, na plataforma *web*, qualquer tipo de ocorrência que tenha decorrido e que possa afetar as suas operações. Sendo que, depois de elaborada, a ocorrência é enviada diretamente aos passageiros através da Pick.

Este tipo de auxílio, providenciado pelo uso da plataforma, permite que as empresas de transportes apresentem um serviço mais eficiente e mais confiável aos seus clientes. Os dados e informações de mobilidade que são apresentados aos operadores possibilitam uma gestão mais inteligente dos seus recursos e mais orientada aos seus passageiros. Por outro lado, uma comunicação direta com estes últimos possibilita um ganho de confiança e transmite uma melhor imagem relativa aos próprios transportes.

Deste melhoramento associado aos serviços prestados pelos transportes públicos, possibilita-se um aumento na adesão aos mesmos. Por conseguinte geram-se um conjunto de situações vantajosas que resultam deste aumento:

- Redução do congestionamento de trânsito;
- Redução na emissão de gases poluentes para a atmosfera;
- Redução no número de construções e planos de construção para novas infraestruturas;
- Aumento da receita e do lucro gerado pelas empresas de transportes.

2.1.2 Valor percebido

O valor percebido é o valor/mérito que um cliente atribui a um determinado produto ou serviço. Normalmente, os clientes desconhecem os fatores envolvidos no processo de definição dos preços associados a diferentes produtos ou serviços, como os custos reais ou estimados relativos à sua produção. Pode-se afirmar que, por norma, os clientes confiam no apelo emocional que o produto ou serviço lhes transmite, bem como na avaliação dos benefícios que acreditam que irão receber através dos mesmos [19].

Tabela 2 - Drivers baseados no valor [20]

	Produto	Serviço	Relação
Benefícios	Soluções alternativas Qualidade do Produto Customização do Produto	Capacidade de resposta Flexibilidade Confiabilidade Competências técnicas	Imagem Confiança Solidariedade
Sacrifícios	Preço		Tempo/Esforço/Energia Conflito

Segue uma tabela que descreve os benefícios e sacrifícios subjacentes às empresas de transportes clientes enquanto utilizadoras da plataforma *web*. A tabela descreve os respetivos benefícios e sacrifícios segundo os *drivers* baseados no valor definidos anteriormente.

Tabela 3 - Benefícios e sacrifícios para as empresas de transportes

Benefícios		Sacríficos
Atributos	Resultados	Os operadores terão formações que têm como objetivo explicar todo o funcionamento do produto. Como tal, estes terão de gastar tempo e energia neste processo de aprendizagem.
Dados de mobilidade	Conhecimento do tipo de mobilidade que decorre na sua rede.	
	Ajuste do funcionamento dos seus transportes tendo por base os dados fornecidos.	
Dados estatísticos	Análise de diferentes fatores que caracterizam a mobilidade dos passageiros num molde estatístico	
	Acesso a dados que refletem o estado em que se encontra a rede de operações (tipo de adesão, receita gerada e nível de afluência).	
Relatórios de viagens realizadas e de compra de bilhetes	Permite registar qualquer tipo de transação que ocorra quer a nível de viagens realizadas, quer a nível de bilhetes comprados.	
	Os relatórios podem ser exportados para os formatos Excel e PDF, possibilitando assim que estes dados sejam mais facilmente reportados a qualquer entidade que necessite dos mesmos.	
Canal de comunicação direto entre operadores e passageiros	Qualquer ocorrência pode ser notificada de forma instantânea aos passageiros.	
	Aumenta a confiança dos passageiros.	

Segue agora uma análise que visa uma reflexão sobre os potenciais benefícios relativos ao melhoramento dos serviços prestados pelos transportes públicos. Esta análise aborda os benefícios gerados para os respetivos passageiros, bem como para a civilização.

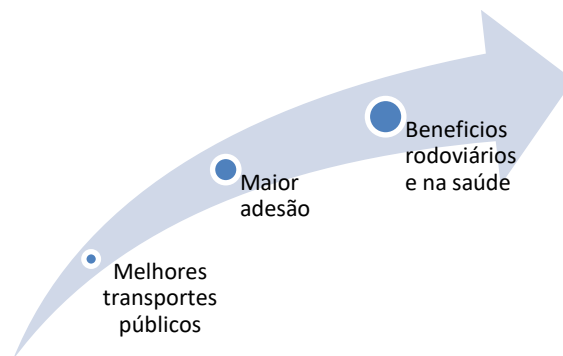


Figura 4 - Benefícios que resultam de melhores serviços no setor dos transportes públicos

Passageiros

- Recebem alertas de qualquer tipo de ocorrências em tempo útil;
- Os horários adaptam-se ao tipo de mobilidade que os passageiros apresentam, o que resulta numa espera diminuída e num tipo de transporte mais preciso;
- Não necessitam de se preocupar com eventuais contratempos e problemas relacionados com o tipo de circulação por meio de veículos privados.

Civilização

- Redução do congestionamento de trânsito nas diferentes vias de circulação;
- Redução das emissões de gases poluentes para a atmosfera;
- Benefícios para a saúde pública.

2.2 Processo de Inovação

O processo de inovação define a gestão de uma ideia, desde uma procura estratégica até ao lançamento bem-sucedido no mercado e a sua transferência para uma gestão operacional [21].

Front End of Innovation Stage, também conhecido por: “*Fuzzy Front End*”; “*Phase 0*”; “*Stage 0*” ou “*Pre-Project Activities*” é o ponto de partida onde as oportunidades são identificadas e os conceitos são desenvolvidos antes de se entrar para o processo de desenvolvimento formal do produto (NPD). (ver figura 5)

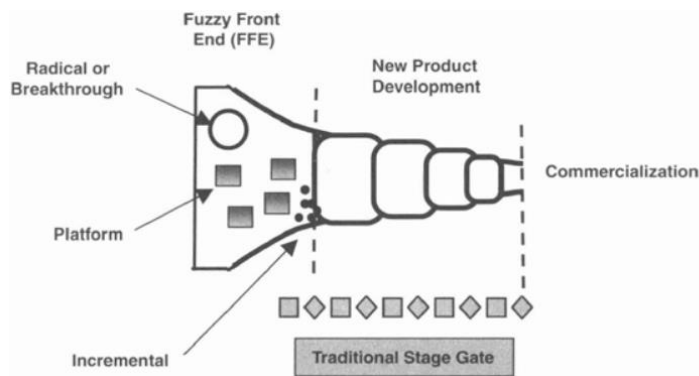


Figura 5 - Processo de inovação [22]

Como meio de fornecer um tipo de linguagem e vocabulários comuns ao processo FFE (*Fuzzy Front End*) nasce o Novo Conceito de Desenvolvimento (NCD). Este último foi desenvolvido em 2001 por Koen e toda a sua equipa. O NCD, representado na figura 6, assenta em três partes principais [23]:

- O motor ou *bullseye* representa a liderança, cultura e a estratégia de negócio de uma determinada organização. Estes são os fatores responsáveis por impulsionar os cinco elementos chave controlados pela respetiva corporação;
- A área alusiva ao raio interno define os cinco elementos de atividade do FFE: identificação de oportunidades, análise de oportunidades, geração de ideias, seleção dessas mesmas ideias e definição de conceitos;
- Os fatores influenciadores consistem num conjunto de capacidades organizacionais relativas ao “mundo exterior” (canais de distribuição; lei; política governamental; clientes; concorrentes; clima político e econômico) e as ciências habilitadoras (meios internos e externos) que podem estar envolvidas. Esses fatores afetam todo o processo de inovação através comercialização.

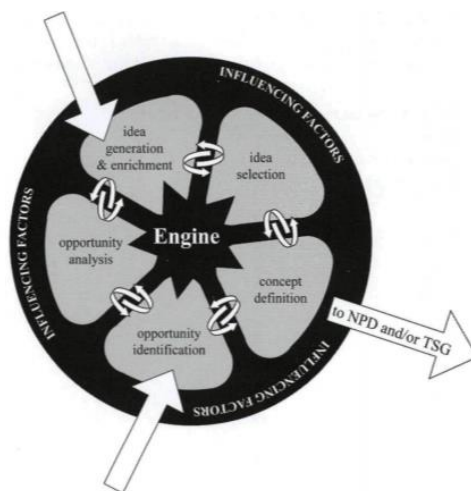


Figura 6 - Modelo do novo conceito de desenvolvimento (NCD) [23]

Identificação de oportunidades

Neste primeiro elemento são identificadas as grandes ou incrementais oportunidades de negócio e tecnológicas, de uma forma estruturada [23].

- Existem vários fatores que indicam que o centro da mobilidade urbana como a conhecemos hoje não será sustentável a curto prazo: números relativos à poluição atmosférica, saturação das diferentes vias rodoviárias, acidentes, e a necessidade de construção de novas infraestruturas devido ao excessivo número de veículos que nelas circulam, são alguns dos motivos que levam à necessidade de se remodelar totalmente a forma como nos movemos;
- Uma das principais alternativas consideradas para que se possa travar este tipo de circulação excessiva e pejorativa, relaciona-se com o facto de a circulação evoluir para um modo mais centrado nos transportes públicos e menos nos transportes privados. Para tal, é necessário que se realizem melhoramentos e alterações nos diferentes serviços prestados pelas empresas de transportes, de forma a proporcionarem aos seus passageiros experiências de viagem que correspondam aos seus requisitos;
- É desta necessidade que nasce a oportunidade de se desenvolver uma plataforma capaz de auxiliar os diferentes operadores de mobilidade nas suas operações diárias. Possibilitando assim que as mesmas se tornem mais automatizadas e simples de serem realizadas. Possibilita também a integração de um conjunto de novas funcionalidades, tais como: comunicar em tempo real com os seus passageiros e ter acesso a dados relativos ao fluxo de mobilidade registado nas suas zonas de operações em tempo real.

Análise de oportunidades

O segundo elemento é a análise de oportunidades. Esta traduz-se num conjunto de oportunidades identificadas em implicações para o contexto específico de negócio e tecnológico da organização. Neste elemento alinham-se ideias a grupos de clientes-alvo e fazem-se estudos de mercado e/ou ensaios técnicos ou pesquisas [23].

- Começa-se por efetuar um levantamento de requisitos junto de diferentes empresas de transportes para que se possa compreender o seu modo de operar. Define-se de que modo é que a plataforma *web* pode simplificar as operações dos operadores de mobilidade e gerar valor às próprias empresas de transportes;
- Perceber quais os concorrentes mais próximos que possam significar uma ameaça, de forma a ser possível desenvolver a plataforma tendo por base este tipo de conhecimento de negócio;

- Ter em atenção legislações e leis associadas aos diferentes tipos de transportes, pois este é um setor que se rege por um conjunto de regras e normas bastante restritas e que devem ser tidas em consideração.

Génese da ideia

O terceiro elemento é a génese da ideia, que é descrita como um processo evolutivo e iterativo que progride do nascimento até à maturação da oportunidade resultante numa ideia tangível. O processo da génese da ideia pode ser feito internamente ou provir de insumos externos [23].

- Para dar início a este projeto, foi importante compreender qual o estado das empresas de transportes públicos perante a sua concorrência mais atual (empresas privadas de mobilidade) e perceber-se de que forma é que a tecnologia conseguiria melhorar a *performance* interna (gestão de recursos, integração de novos tipos de bilhetes, elaboração de relatórios estatísticos de mobilidade, entre outros) e externa (imposição de novos horários de circulação, acréscimo de frota, comunicação direta com os passageiros, entre outros) relativa às operações deste tipo de empresas;
- O processo da génese da ideia teve também por base um estudo relativo ao modo de operar dos transportes, bem como compreender qual o seu papel no processo de alcançar um tipo de circulação urbana mais sustentável. Recorre-se a conversações com entidades que operam neste setor de forma a ser possível compreender-se qual o nível de aceitação e adesão por parte das empresas de transportes e respetivos operadores de mobilidade, no que toca à integração de novas tecnologias nas suas redes de operações.

Seleção de ideias

O quarto elemento é a seleção de ideias. A sua finalidade é a de concluir se uma determinada ideia deve ser desenvolvida. Isto através da análise do seu valor comercial e potencial [23].

- De forma a ser possível concluir se as ideias formalizadas teriam ou não capacidade de ter sucesso, foram analisadas as necessidades e requisitos que são tidos pelas empresas de transportes;
- As necessidades mais importantes ao nível das empresas relacionam-se com a falta de acesso a informações e dados em tempo real relativos ao fluxo de circulação urbana que se desenvolve nas suas zonas. Acresce, de igual modo, a fraca qualidade dos meios responsáveis por comunicar informações diretamente aos passageiros, relativas ao funcionamento dos transportes;
- Uma outra necessidade importante, mas ao nível da saúde pública e poluição atmosférica, relaciona-se com o facto de os transportes públicos serem considerados

uma peça importante no que toca ao impedimento do crescimento em massa dos veículos privados nas diferentes vias de circulação.

Ideia e Desenvolvimento Tecnológico

O quinto e último elemento é a ideia e desenvolvimento tecnológico. É nesta fase, que o caso de negócio é desenvolvido tendo por base estimativas relativas ao mercado total disponível, necessidades do cliente, requisitos de investimento, análise da concorrência e incerteza do projeto [23].

- Deve-se realizar um estudo dirigido às tecnologias que se consideram ser uma mais-valia quando integradas na plataforma *web* e que façam parte do contexto em que esta última se insere. É importante compreender quais são os recursos e funcionalidades que a plataforma deve disponibilizar às diferentes empresas de transportes e que sejam considerados realmente importantes e cruciais para estas últimas.

2.3 Rede de Valor

Uma Rede de Valor [20] define-se como sendo uma rede constituída por relacionamentos que geram um conjunto de valores tangíveis e intangíveis. Sendo que esta geração de valores, estabelece-se por meio de trocas dinâmicas entre dois ou mais indivíduos, grupos e organizações. Qualquer empresa envolvida em intercâmbios tangíveis e intangíveis pode ser vista como uma rede de valor, seja ela do setor privado, do governo ou mesmo do setor público [20].

De forma a ser possível compreender quais os tipos de valor e relações que a plataforma *web* compõe, efetuou-se a construção de uma rede de valor que descreve, tanto o meio envolvente, como as relações tangíveis e intangíveis presentes no negócio subjacente a este produto de *software*.

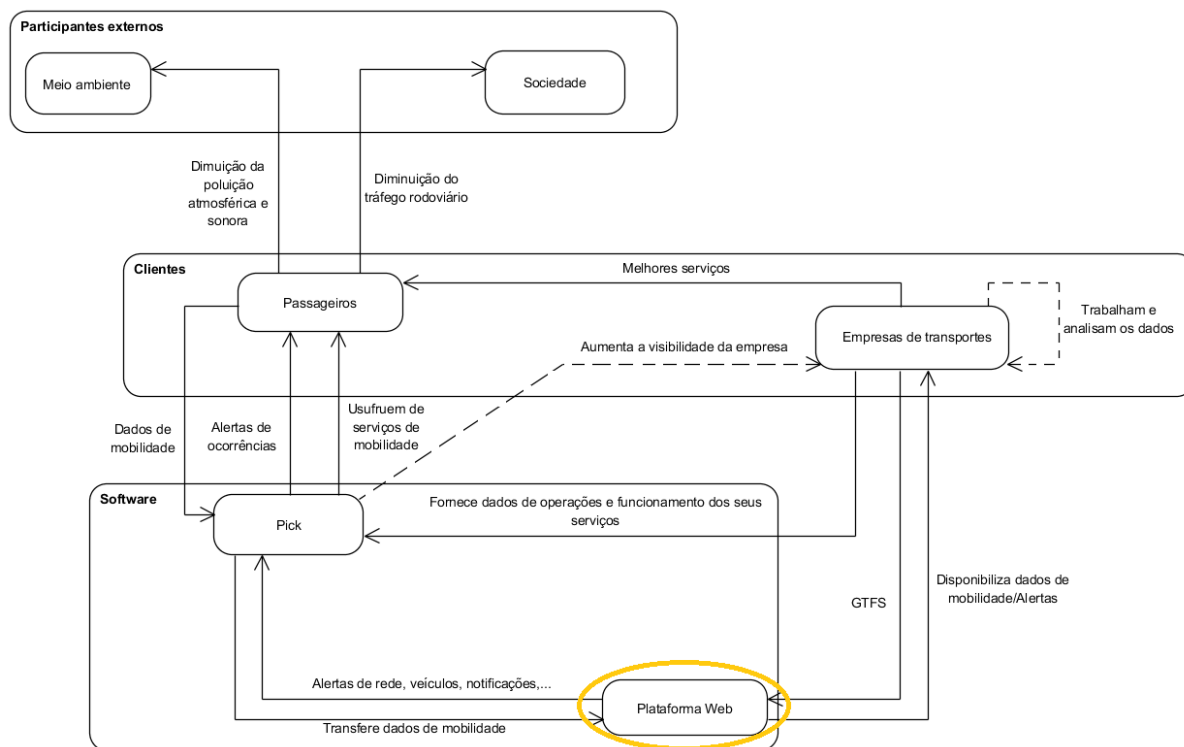


Figura 7 - Rede de valor inerente à plataforma web

Na figura 7, encontra-se ilustrada a rede de valor que representa o projeto em questão. Agruparam-se os papéis definidos na imagem anterior (Pick, Passageiros, Sociedade, entre outros) por grupos: Clientes (entidades que se encontram diretamente relacionadas com a plataforma), Software (produtos de software) e Participantes externos (entidades que se encontram indiretamente relacionadas com a plataforma). Isto, para que fosse possível uma análise mais centrada no tipo de valor e relações geradas através das dinâmicas que se estabelecem entre estes últimos. No mesmo seguimento, as relações que se encontram registadas na figura anterior, definem-se como ligações diretas ou tracejadas, sendo que esta distinção serve para se identificarem quais os valores tangíveis e não tangíveis, respetivamente.

Nesta rede encontram-se definidos dois tipos distintos de Clientes: os Passageiros e as Empresas de transportes. Sendo que o grupo Clientes estabelece relações de valor tangível com o grupo denominado por Software. A dinâmica entre os dois grupos anteriores (Clientes e Software) é importante para que se consiga perceber o tipo de valor que este projeto tem a capacidade de gerar, bem como compreender de que forma as redes de operações das empresas são integradas na plataforma.

Posto isto, definem-se os valores tangíveis que circulam na rede, que são, nomeadamente, dados de mobilidade (dados produzidos em tempo real, dados estatísticos e relatórios de mobilidade), alertas e ficheiros GTFS (General Transit Feed Specification) [24]. O primeiro valor tangível tem-se como uma mais-valia para estas empresas, pois possibilita que as mesmas passem a conhecer o modo como os passageiros recorrem aos seus transportes. Através desta informação as empresas ficam possibilitadas a praticar uma gestão mais inteligente relativa aos

seus recursos e introduzir novos moldes de operação compatíveis com o tipo de mobilidade que lhes é transmitida. Relativamente aos alertas, estes são um tipo de valor tangível capaz de permitir uma aproximação entre operador e passageiro no que diz respeito à comunicação de informações. Os operadores passam a ter a possibilidade de comunicar com os seus passageiros em tempo útil e através de um único canal.

No que toca ao GTFS, este é um ficheiro bastante importante (ver secção 3.3.2) pois permite a integração de qualquer rede de operações na respetiva plataforma. Os ficheiros GTFS contêm informações responsáveis por caracterizar as operações de uma dada empresa. Sem a existência deste ficheiro não será possível disponibilizar na plataforma dados relativos às suas operações, tais como: rede, horários e bilhética.

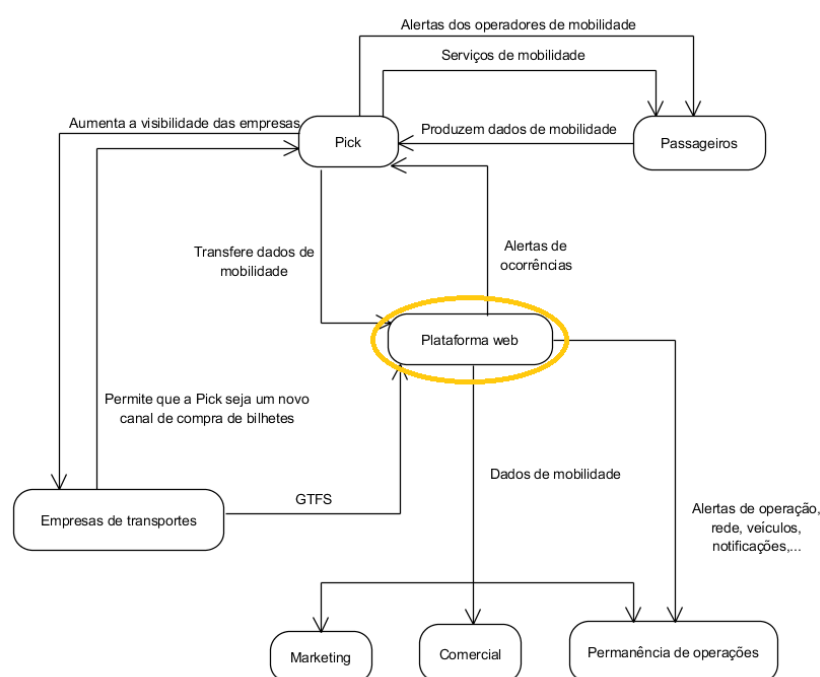


Figura 8 - Rede de valor (grupos: Clientes e Software)

Na figura 8 encontra-se representada a rede de valor centrada apenas para os grupos Clientes e Software.

Como já foi referido anteriormente, os dados de mobilidade constituem-se como sendo os principais valores tangíveis que chegam às empresas de transportes. São os departamentos de Marketing, Comercial e Permanência de operações que analisam os mesmos.

Os departamentos de Marketing e Comercial recorrem a este tipo de dados mensalmente, sempre que necessitam de os reportar a qualquer entidade superior. Também recorrem aos dados de mobilidade, quando necessitam de averiguar se novos modelos de bilhetes ou novas formas de operar resultam junto dos seus passageiros. No que toca ao departamento de Permanência de operações, este recorre aos dados de mobilidade para realizar uma monitorização precisa relativa à forma como as suas operações decorrem. Sendo que, este é o

departamento responsável pelo funcionamento de toda a rede, operações e veículos circulantes/não circulantes.

Relativamente ao valor tangível, denominado por Alertas, o seu fluxo tem origem no departamento de Permanência de operações, passa posteriormente pela plataforma *web* e termina nos passageiros através da Pick. Os passageiros passam a ter acesso às notificações dos operadores através do seu *smartphone*, possibilitando-se assim que os mesmos possam remodelar a sua mobilidade, caso suceda qualquer tipo de problema associado ao seu transporte ou vias de circulação.

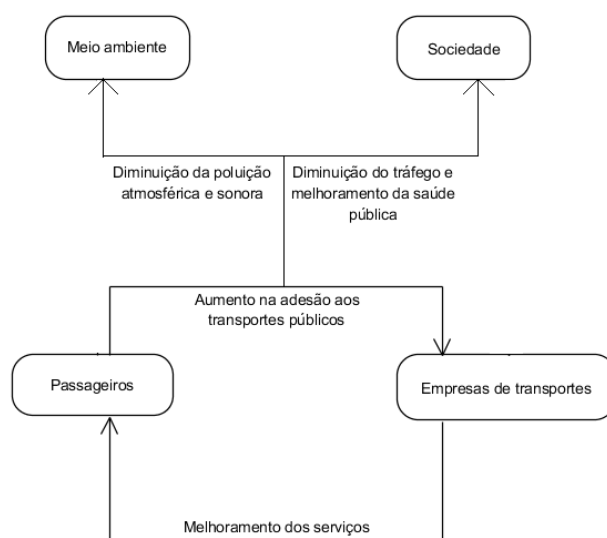


Figura 9 - Rede de valor (grupos: Clientes e Partes externas)

Passando agora, para uma última análise relativa à rede de valor inerente a este projeto, tem-se o grupo denominado por Partes externas (Meio ambiente e Sociedade).

Se os serviços prestados pelas Empresas de transportes se tornarem mais confiáveis, seguros e de certa forma mais inteligentes, torna-se possível alcançar um conjunto de melhorias que afetam o nosso Meio ambiente e consequentemente toda a Sociedade. Os valores intangíveis, representados na figura anterior, são importantes para que se possa atingir um futuro sustentável e mais saudável. Se os indivíduos começarem a optar com maior regularidade pelos transportes públicos para se deslocarem, o tráfego rodoviário irá consequentemente diminuir, promovendo assim a diminuição da poluição sonora e atmosférica a que estamos sujeitos. Deste aumento na adesão aos transportes públicos possibilita-se também um aumento nos ganhos para as respetivas Empresas de transportes.

2.4 Modelo Canvas

Alexander Osterwalder, o criador do Modelo Canvas, construiu um modelo gráfico simples e que descreve nove dos componentes mais importantes e adjacentes a qualquer negócio:

segmento de clientes; proposição de valor; relacionamento com os clientes; fluxos de receitas; recursos; atividades; parcerias e custos. Os elementos individuais têm em consideração o foco e objetivos de uma determinada empresa, enquanto o seu *layout* incentiva uma reflexão no modo como todas as peças inerentes a um negócio encaixam umas nas outras (ver figura 10) [25].

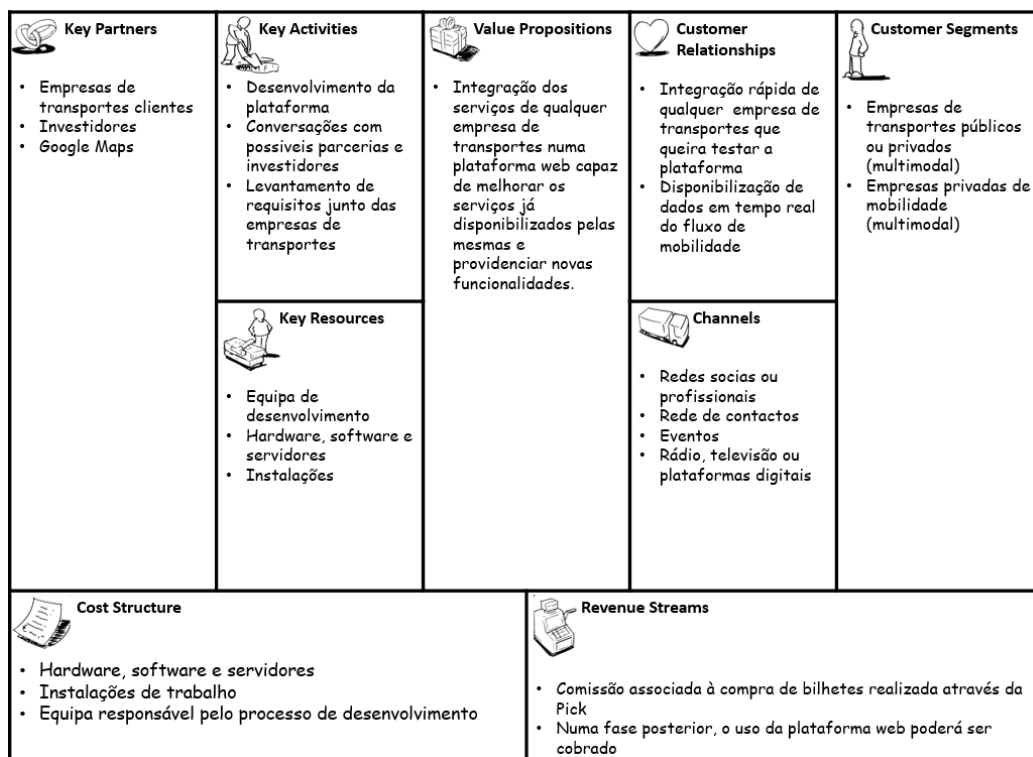


Figura 10 - Modelo Canvas inerente ao projeto

Segmento de clientes

A palavra “segmento” corresponde à escolha de uma fatia do mercado. Noutras palavras, é necessária a definição de um determinado nicho de clientes. A famosa frase “quem vende para todos, não vende para ninguém” adquire um nível muito importante nesta secção particular do Modelo Canvas [26]:

- A plataforma será desenvolvida tendo em conta as necessidades e requisitos que são especificados pelas empresas de transportes. O seu propósito é o de auxiliar os operadores de mobilidade nas diferentes tarefas e processos diários que desempenham no seu dia-a-dia e, assim, gerar valor às próprias empresas de transportes;
- Numa primeira abordagem a plataforma será dirigida às empresas de transportes públicos, sendo que numa fase posterior poderá ser integrada por qualquer empresa de mobilidade de qualquer tipo de transporte (multimodal).

Oferta de valor

A palavra “valor” neste caso significa “benefício”. Portanto, é fundamental que se consiga descrever quais são estes benefícios que os produtos (ou serviços) disponibilizam aos respetivos clientes [26]:

- Este projeto tem como propósito melhorar, automatizar e acrescentar novos serviços às diferentes redes de transportes. Qualquer entidade de transportes poderá fazer uso da plataforma *web*, sendo que, esta última permite uma integração do tipo multimodal (comboios, metro, autocarros, entre outros);
- Uma integração rápida e simples na plataforma *web* permite que este processo seja o mais ágil possível, não sendo necessária uma intervenção direta das empresas de transportes clientes;
- Os dados e informações que a plataforma disponibiliza, são muito importantes para este tipo de empresas de transportes, pois estes refletem o fluxo de mobilidade dos respetivos passageiros nas suas redes de operações;
- A integração de um sistema de dados estatísticos e a comunicação direta com os passageiros, são algumas das funcionalidade responsáveis por automatizar um conjunto de processos que fazem parte do modo de operar das diferentes empresas de transportes.

Segue representada uma tabela, que tem como propósito descrever as principais vantagens que derivam do uso da plataforma *web*:

Tabela 4 - Serviços que geram vantagens inerentes ao uso da plataforma web

Serviço	Vantagens
Acesso a dados de mobilidade	➔ Melhora a gestão dos recursos internos e externos (tendo por base possíveis análises realizadas sobre os respetivos dados); ➔ Os dados de mobilidade alusivos à rede de operações são mais fidedignos (não são recolhidos por trabalhadores mas sim registados pela Pick); ➔ Automatização do processo de construção de modelos e análises estatísticas.
Envio de Alertas	➔ Comunicação mais confiável e em tempo útil dos serviços prestados aos seus passageiros; ➔ Aumenta a confiança dos passageiros e melhora a imagem das empresas; ➔ Canal de possível comunicação de outro tipo de informações relativas à gestão da rede de operações da empresa (novos tipos de bilhetes; novas rotas ou paragens; entre outros).

Serviço	Vantagens
Mapa da rede com acesso a dados de mobilidade em tempo real	→ Possibilita uma análise precisa relativa ao tipo de afluência a que as suas paragens se encontram sujeitas diariamente.
Processo de integração da rede de operações de qualquer empresa na plataforma	→ As empresas necessitam apenas de conter um ficheiro GTFS de forma a ser possível importar para a plataforma todo o tipo de dados relativos às suas operações.

Canais

Os Canais descrevem as ferramentas utilizadas pela empresa no que concerne a comunicar e entregar valor aos seus clientes. Pode-se afirmar, que os canais se definem pela perspetiva do antigo marketing (os 4 Ps) [26]:

- Os canais que devem ser utilizados para que se consiga fazer chegar a plataforma *web* aos respetivos clientes são os seguintes: redes sociais ou profissionais (por exemplo: Facebook, Twitter, LinkedIn); rede de contactos (uma base de rede de contactos é fundamental para ganhar clientes, confiança e reputação); eventos (todo o tipo de eventos que se enquadrem no contexto da plataforma e que possam dar a mesma a conhecer); rádio, televisão e plataformas digitais.

Relacionamento com os clientes

Esta secção descreve estratégias que evitam que os respetivos clientes optem pelos concorrentes por questões, como “preço mais baixo”. Definir boas estratégias de relação é uma tarefa difícil, porém é tida com fundamental na retenção de clientes [26]:

- A integração rápida de qualquer rede na plataforma, a disponibilização de dados de mobilidade e a criação de um canal de comunicação, constituem-se como sendo os ativos mais importantes que a plataforma oferece aos seus clientes. Isto porque, neste momento, a nível de dados de mobilidade, as empresas de transportes públicos não têm capacidade de registar ou de controlar este tipo de informações de um modo automático e tecnológico. Esta falta de meios torna estas empresas menos focadas nos seus passageiros e menos informadas sobre o tipo de mobilidade que se desenvolve nas suas operações diariamente;
- Uma integração rápida de qualquer rede de transportes na plataforma *web*, sem ser necessária a intervenção direta dos clientes, torna todo o processo de integração simples. Sendo que estes necessitam apenas de conter um ficheiro GTFS relativo às suas operações e proceder com a sua disponibilização;
- A existência de um canal de comunicação direto com os seus clientes é, também, um fator importante. De forma a ser possível compreender-se o porquê do seu nível de importância, segue descrito o caso de Portugal: A entidade responsável por tratar da

comunicação com os passageiros (através de painéis, mensagens sonoras, entre outros), de quase todo o tipo transportes públicos, é a empresa pública denominada por, Infraestruturas de Portugal (IP) [10]. Sendo que, por vezes, a informação chega atrasada e com algumas falhas na própria forma como a comunicam aos respetivos passageiros. Por essa mesma razão, a criação de um canal de comunicação, cuja própria empresa de transportes fica possibilitada de notificar diretamente os seus clientes de qualquer tipo de ocorrência. Por conseguinte, este canal de comunicação constitui-se como sendo um fator importante para se melhorar o modo como a informação é transmitida aos passageiros.

Fontes de renda

O fluxo de receitas é a secção que determina a forma como o cliente irá pagar pelos benefícios recebidos [26]:

- Numa primeira instância, a geração de lucro irá provir do uso da Pick e não do uso da plataforma *web*. A plataforma funcionará como um incentivo aos operadores, com o objetivo de estes possibilitarem a integração dos seus serviços na Pick (venda de bilhetes através da aplicação). Isto porque, a plataforma é capaz de gerar um conjunto de vantagens para os operadores (ver o componente “Oferta de Valor”). Desta forma, a geração de lucro passará pelo estabelecimento de um valor de comissão que será imposto na compra de bilhetes que os passageiros efetuarem através da Pick;
- Numa fase posterior, poder-se-á associar um valor a pagar para que os operadores possam fazer uso dos serviços que a plataforma oferece.

Recursos-Chave

Estes são tidos como ativos fundamentais para se conseguir tornar o negócio funcional. Esta é uma secção relacionada à parte operacional associada ao negócio [26]:

- A equipa de desenvolvimento é uma parte importante relativa à plataforma *web*, isto porque os elementos que constituem a equipa são os responsáveis pelo seu desenvolvimento, e por essa mesma razão, a percebem e conhecem melhor que qualquer outra entidade;
- *Hardware, software*, servidores e instalações de desenvolvimento são imprescindíveis, para que se consiga desenvolver a plataforma em questão. Sem os recursos anteriores, não era possível a criação nem desenvolvimento do respetivo produto de *software*.

Atividades-Chave

De forma complementar aos recursos-chave, esta secção tem como propósito, tratar das atividades mais importantes que a empresa exerce de forma constante. Isto para que o negócio funcione corretamente [26]:

- Mais uma vez, a equipa de desenvolvimento encontra-se presente nesta secção, pois são estes os responsáveis por resolver qualquer problema que surja na plataforma, bem como efetuar a sua manutenção;
- As conversações que se estabelecem com possíveis parcerias e investidores são muito importantes, pois possibilitam a aquisição de empresas de transportes e bases de financiamento;
- O levantamento de requisitos é uma atividade fundamental, pois é através desta que se compreende de que maneira é que a plataforma *web* tem a capacidade de auxiliar as empresas de transportes e respetivos operadores de mobilidade, bem como, compreender-se quais os processos ou serviços que necessitam de ser automatizados e melhorados.

Parcerias-Chave

Os “Parceiros-chave” referem-se primordialmente a fornecedores. Esta secção de parcerias enuncia e descreve as empresas que ajudam os respetivos negócios a entregar algum tipo de oferta de valor [26]:

- As empresas de transportes que integrem a plataforma nas suas operações entram como parcerias-chave, pois propiciam um ganho de confiança por parte de futuros clientes;
- Os primeiros investidores são também fundamentais para que outros possíveis investidores ganhem confiança e invistam no projeto;
- O Google Maps insere-se nesta secção de parcerias, pois o núcleo de desenvolvimento da plataforma tem por base alguns dos componentes que este serviço da Google disponibiliza.

Estrutura de Custos

Esta última secção descreve os principais custos que têm peso financeiro no projeto e que derivam da operacionalização do respetivo negócio [26]:

- Todos os elementos que se encontram expressos nesta secção do modelo são imprescindíveis ao desenvolvimento, manutenção e longevidade do negócio. Essa mesma estrutura de custos é representada por: *hardware, software*; servidores; instalações de trabalho e equipa responsável pelo desenvolvimento da plataforma.

3 Estado da Arte

Neste capítulo serão expostos os temas mais importantes relativos ao contexto em que se insere a plataforma *web*. Serão apresentados fatores que potenciam o aparecimento de tecnologias como esta, destacadas as tendências nesta mesma área a nível tecnológico e explicado o tipo de tecnologia que se alia à própria plataforma. Por fim, serão destacados alguns dos projetos e soluções de mobilidade que potenciaram uma nova forma de operar por parte dos transportes e possibilitaram a entrada de novas tecnologias neste mesmo meio.

3.1 A Tecnologia nos Transportes

Nesta secção, serão abordados temas que têm como objetivo uma reflexão relativa ao tipo de conexão que hoje se estabelece, entre a tecnologia e os transportes públicos/empresas privadas de mobilidade.

Posto isto, é importante compreender de que forma é que a tecnologia se integra nos transportes e qual o papel que a mesma adquire. Será também efetuado um balanço direcionado às empresas privadas de mobilidade, que visa uma análise relativa ao nível de adesão e de rendimento que estas empresas adquirem. Por fim, segue uma pequena explicação que pretende informar sobre o grau de relevância que os transportes públicos/partilhados assumem para com o nosso ambiente, saúde pública, tráfego rodoviário e o próprio planeta.

3.1.1 A Importância da Tecnologia Integrada nos Transportes

O trânsito e o crescimento populacional criam um aumento na procura por mais infraestruturas de redes de transportes. No entanto, muitas jurisdições não têm possibilidades, quer a nível de financiamento, quer espaços térreos suficientes, para construir mais estradas ou ferrovias. Apesar de algumas cidades serem carentes de fundos e não terem capacidade monetária nem física para contruir novas infraestruturas, o crescimento populacional continuará a ser uma realidade. A Organização Mundial da Saúde (OMS) espera que 7 em cada 10 indivíduos popularizem as pequenas e grandes cidades [27].

Sendo, tanto o crescimento populacional, como a perduração das infraestruturas intactas, duas situações quase impossíveis de travar, é importante salientar que as próprias vias de circulação terão tendência a ficar cada vez mais congestionadas pelo trânsito e por sua vez as emissões de CO₂ atinjam valores alarmantes, tornado desta forma, o planeta terra cada vez mais inabitável. É desta situação insustentável que surge a tecnologia como uma possibilidade para travar este caminho insustentável. Esta última será responsável por dar um outro modo de operar aos transportes públicos/partilhados, sendo a principal impulsionadora desta nova era tecnológica que se faz já sentir neste setor. Desta forma, possibilita-se que algo tão importante como os

indivíduos comecem a optar por se deslocar por meio deste tipo de transportes ao invés dos transportes privados se torne, cada vez mais, numa constante.

Espera-se que sejam sentidas grandes alterações com a entrada da tecnologia no setor dos transportes. Aspetos que vão de encontro com as novas tendências nas redes das empresas dos transportes e que culmina num tipo de mobilidade inteligente tida por parte dos passageiros e operadores [28]. Seguem enumeradas as vantagens que a tecnologia gera para o setor da mobilidade:

- **Centrada no utilizador:** Os serviços de mobilidade colocam os seus utilizadores em primeiro plano;
- **Redes de transportes integradas e inteligentes:** Preveem a procura por parte dos passageiros pelos transportes e monitorizam a própria “saúde” dos diferentes veículos. Os sistemas inteligentes são capazes de responder em tempo real aos acontecimentos que vão surgindo num dia normal de operações;
- **Preços e plataformas de pagamento:** Na área do pagamento inerente aos transportes públicos veremos grandes alterações no modo como a mesma funciona. Será integrada uma nova forma de pagamento conhecida como *e-tickets* [29]. Ou seja, o pagamento e geração dos bilhetes de transportes será realizado através de, por exemplo, um *smartphone*. Deixará de existir um bilhete físico e passaremos a recorrer ao formato digital para possuímos os nossos bilhetes.

3.1.2 Dados de Mobilidade

Através das novas tendências tecnológicas que vêm emergindo no setor dos transportes, espera-se que os mesmos sofram alterações significativas no modo como os seus serviços são disponibilizados aos respetivos clientes. Existem alguns métodos tecnológicos que são capazes de disponibilizar dados e informações de mobilidade. Sendo que, estes últimos, são tidos como uns dos ativos mais importantes no mundo das empresas dos transportes [30]. Com a ajuda deste tipo de dados, relativos à mobilidade urbana, que são produzidos em tempo real e posteriormente analisados, os transportes públicos tornam-se capazes de prestar um tipo de serviço que vá de encontro com as necessidades dos seus passageiros.

O principal motivo pelo qual este tipo de dados são tão importantes para as empresas de transportes, relaciona-se com o facto de os mesmos puderem ser utilizados de forma a reinventar todo o processo de circulação dos transportes, melhorar o tipo de serviços prestados e permitir a gestão dos próprios recursos internos e externos de uma forma mais “inteligente”.

Os dados e informações recolhidos e analisados pelas diferentes empresas de transportes podem ser utilizados para diversos fins, nomeadamente:

- **Melhorar a experiência do passageiro** através de um transporte mais confiável, melhorar os serviços dirigidos a este último e tornar a comunicação/informação mais precisas no que toca ao modo de funcionamento dos transportes públicos;
- **Aumentar a segurança**, pois compreende-se melhor o funcionamento dos sistemas de trânsito, as anomalias dos próprios veículos de transporte (velocidades elevadas, inspeções, regras de segurança pública), temperatura das estradas e respetivos locais onde o congestionamento de trânsito possa ser uma preocupação;
- **Melhorar o desempenho operacional** passa por monitorizar de forma proativa as infraestruturas mais críticas e através da criação de mais processos eficientes para reduzir os custos operacionais e melhorar a capacidade de resposta das próprias redes de transportes.

3.1.3 Empresas Privadas de Mobilidade

As empresas privadas de mobilidade como a Uber, Lyft, Cabify, entre muitas outras, têm vindo a ganhar um grande número de utilizadores e até mesmo de fãs. Estas empresas surgiram com um novo conceito de mobilidade que tem abalado a forma como as pessoas se deslocam nos dias de hoje. Os serviços que prestam centram-se nas necessidades de cada indivíduo; terminam com o tempo de espera pelos veículos; aumentam o conforto durante as viagens e são tidos como mais pontuais comparativamente com os meios de transportes públicos. Estas são algumas das características destes novos modos de mobilidade que levam os passageiros a optar pelos mesmos para se deslocarem [31].

Company	HQ	Countries	Users	Funding raised	Valuation
Uber		65	75 mln	\$ 22.2 bln	\$ 72.0 bln
Didi Chuxing		7	550 mln	\$ 20.6 bln	\$ 56.0 bln
Lyft		2	23 mln	\$ 4.9 bln	\$ 15.1 bln
Grab		8	2.3 mln	\$ 6.1 bln	\$ 11.0 bln
Go-Jek		5	20 mln	\$ 2.1 bln	\$ 5.0 bln
Ola		3	150 mln	\$ 3.2 bln	\$ 4.0 bln
Careem		14	24 mln	\$ 0.6 bln	\$ 1.5 bln
Gett (Juno)		4	*	\$ 0.7 bln	\$ 1.4 bln
Cabify		11	13 mln	\$ 0.4 bln	\$ 1.4 bln
Blablacar		22	65 mln	\$ 0.3 bln	\$ 1.2 bln
Taxify		26	10 mln	\$ 0.2 bln	\$ 1.0 bln
Intelligent Apps **		14	16 mln	n/a	n/a

*unknown; **Owned by Daimler, includes MyTaxi, Beat, Chauffeur Prive and Clever Taxi
HANDELSBLATT

Source: Handelsblatt

Figura 11 - Maiores empresas de *ridesharing* do ano 2018 [32]

Como se pode analisar através da figura 11, a Uber é a empresa privada de mobilidade que mais clientes contém (75 milhões), que opera em mais países (65), e cujos fundos angariados são de elevado valor (22.2 biliões de dólares). Neste momento, esta empresa encontra-se avaliada por uma quantia bastante elevada comparativamente com a dos seus concorrentes, que também

apresentam números elevados. Os valores expressos na imagem anterior são consequentes do grande número de passageiros que optam, cada vez mais, por se deslocar através dos meios de transportes provenientes destas empresas, e que tornam estas últimas tão famosas e tão globais.

Em consequência dos números analisados anteriormente, conclui-se que as empresas de transportes públicos devem agir de forma a dar resposta ao crescimento que se tem vindo a sentir na adesão a este tipo de empresas privadas de mobilidade. Melhorar os seus serviços e torná-los mais flexíveis de acordo com as necessidades dos seus passageiros, é um caminho a tomar e que deverá possibilitar um aumento na adesão a estes transportes.

3.1.4 A Mobilidade Urbana Atual

As tecnologias desenvolvidas e pensadas para cooperarem com os transportes, e que são tidas como resilientes, responsivas e adaptáveis, estão a evoluir a um ritmo que nunca se pensou ser possível. A tecnologia não é uma restrição, mas as formas rígidas de planeamento, projeção, construção, modos de operar e de financiar sistemas de trânsito são a “barreira” mais difícil de ultrapassar no que se refere à implementação de um novo e melhorado sistema de transportes. Com muita frequência, as empresas de transporte públicos são obrigadas a seguir rígidas regulamentações federais, estaduais e locais que limitam o processo de integração com diferentes serviços. Este facto impossibilita que as cidades possam crescer de uma forma sustentável e inteligente recorrendo aos transportes públicos como impulsionadores à mudança. Dissipando-se, desta forma, uma capacidade de resposta mais eficaz direccionada às alterações nos padrões climáticos, económicos, habitacionais e de trabalho que se vão formando no seio das fundações urbanas [33].

O número excessivo de veículos privados que circula nas diferentes redes rodoviárias é a principal causa de congestionamentos e da deterioração da qualidade do ar. Estas consequências são sentidas na saúde da população, sobretudo na população que reside nas grandes cidades. O crescimento da frota mundial de veículos circulantes tem vindo a tomar proporções desmedidas com o passar dos anos. De 53 milhões de unidades em 1950, passou para 547 milhões em 2000. No ano 2006, a frota mundial já contava com 635 milhões de automóveis a circular nas diferentes vias diariamente. Passando agora para uma análise consciente do que representam estes números a nível ambiental, afere-se o seguinte: cada veículo é responsável pela emissão de poluentes locais, monóxido de carbono (CO), material particulado (MP), óxidos de enxofre (SOx) e óxidos de nitrogénio (NOx), que ocorre devido à composição dos combustíveis e à sua queima incompleta no interior dos motores. A emissão dos poluentes anteriores representa uma parte importante das emissões totais em grandes centros urbanos, e por esta mesma razão, os mesmos são considerados como os maiores responsáveis pela poluição atmosférica [34].

Melhorar os transportes públicos, quer seja com a ajuda da tecnologia ou através de um outro mecanismo, é uma medida que deve ser tida como prioritária. Isto porque, de um aumento na adesão a este tipo de transportes, nasce a possibilidade de se conseguirem atingir um conjunto

de benefícios e metas importantes não só para o planeta terra e saúde pública, mas também, para as gerações vindouras.

3.2 Conceitos Tecnológicos Aplicados à Mobilidade

A forma como percebemos os transportes de hoje transformou-se claramente. Isto porque, na última década, houve uma grande impulsão neste setor que derivou de várias forças de mercado convergentes, tendências sociais e avanços na própria tecnologia. Atualmente os transportes são mais complexos do que nunca, e devem-se preparar para abraçar novas oportunidades e objetivos [35].

No setor da mobilidade existe já uma grande quantidade de novidades tecnológicas e de grande importância para este setor. Este tipo de tecnologias propõe melhorar a eficiência dos métodos de transporte existentes, e possibilitar uma melhor gestão dos recursos internos e externos destas empresas [36].

Nesta secção será apresentado um conjunto de ferramentas e conceitos tecnológicos que se encontram agora a ser integrados no seio de operações de diferentes empresas de transportes.

3.2.1 *Mobility as a Service* (MaaS)

Nas grandes cidades, os transportes têm vindo a sofrer com a diminuição dos lucros e confiabilidade, bem como com uma experiência pobre que os passageiros obtêm quando recorrem a este tipo de meio de deslocação. À medida que a economia global continua a mudar para um modelo sobre um crescimento na procura, os passageiros esperam serviços mais personalizados e experiências mais agradáveis quando recorrendo aos transportes como meio de deslocação. É desta necessidade que nascem os sistemas denominados por *Mobility as a Service* (MaaS). Estes são conhecidos como aplicações móveis responsáveis por integrar serviços de transportes públicos, partilhados ou privados num único sistema.

A integração de sistemas e serviços de transporte numa só aplicação pode resultar numa diminuição no uso dos veículos privados. Oferecer um tipo de acesso e interação simples aos diferentes serviços de transporte disponíveis e, tornando mais transparentes e informativas as decisões relativas ao modo de viagem a optar num determinado conjunto de circunstâncias, torna possível que a necessidade de usar ou possuir um veículo privado seja cada vez menos comum [37].

Seguem assim alguns dos benefícios relativos ao aparecimento deste tipo de aplicações que se identificam como serviços MaaS [38]:

- **Facilidade de planeamento de viagens:** Em tempo real os utilizadores têm a possibilidade de efetuarem um plano relativo às suas viagens recorrendo a vários meios

de transporte. Este processo de planeamento tem por base sugestões inteligentes baseadas nas suas preferências de deslocação;

- **Métodos de pagamento simplificados:** Os utilizadores podem pagar as suas viagens através dos seus *smartphones*;
- **Toque pessoal e Big Data:** Em aplicações móveis do tipo MaaS encontram-se níveis elevados de personalização que têm a capacidade de criar relacionamentos entre os utilizadores e os respetivos operadores de transportes. Através de Big Data [39], comunicação bidirecional e *feedback* constante por parte do utilizador, os sistemas MaaS tornam as plataformas de transportes mais voltadas para os seus clientes.

3.2.2 Intelligent Transport Systems (ITS)

Os Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) são tidos como plataformas que se consideram avançadas e que visam a disponibilização de serviços inovadores relacionados com diversos modos de transporte (multimodal). O objetivo das plataformas do tipo ITS é o de tornar as redes de operações dos respetivos transportes mais seguras, mais coordenadas e, por fim, mais inteligentes [40].

As plataformas deste tipo convergem numa combinação entre tecnologias de ponta que disponibilizam informação e possibilitam que se estabeleçam comunicações entre diferentes emissores e recetores. As possibilidades que proveem do uso deste tipo de *software* são diversas: possibilitam uma melhor gestão dos recursos, aumentam a segurança, eficiência e sustentabilidade das próprias redes de transporte. [41].

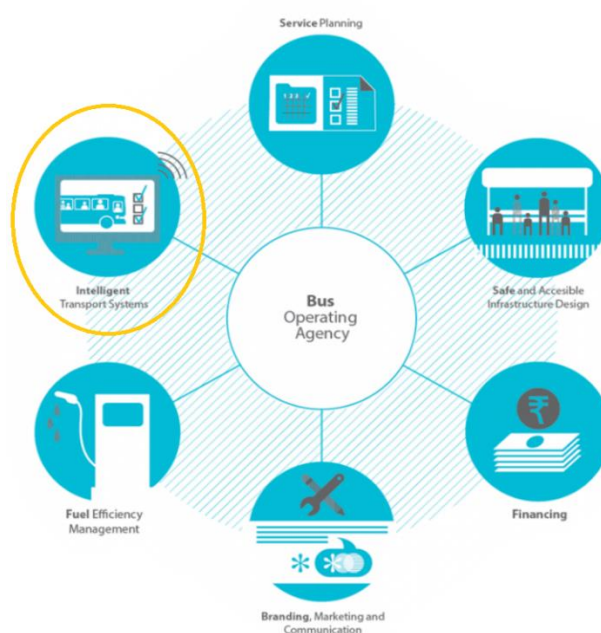


Figura 12 - Sistema sustentável de uma empresa de transportes [5]

Na figura 12 encontram-se representados alguns dos principais elementos que têm a capacidade de gerar situações de sucesso ou insucesso numa determinada empresa de transportes. É importante que os seis elementos presentes na rede sejam bem balanceados e utilizados de forma inteligente, de maneira a que seja possível criar serviços sustentáveis e que correspondam aos requisitos e necessidades dos seus passageiros [5]. As plataformas do tipo ITS começam agora a integrar este ciclo de elementos, uma vez que estas plataformas têm a capacidade de proporcionar uma gestão orientada à sustentabilidade e longevidade das empresas de transportes e respetivas operações.

Deste seguimento, pode-se afirmar que a plataforma *web*, inerente a este projeto, é um produto de *software* que se enquadra no contexto das tecnologias do tipo ITS. Isto porque, a plataforma apresenta-se aos operadores como sendo uma ferramenta que disponibiliza serviços capazes de melhorar e automatizar as várias tarefas que os mesmos desempenham. São disponibilizados dados de mobilidade cuja análise propicia uma melhor gestão dos recursos existentes e permite que se estabeleça uma comunicação direta, entre operadores de mobilidade e respetivos passageiros.

Conclui-se assim que a plataforma *web* é um sistema que disponibiliza funcionalidades capazes de tornar as operações das diferentes empresas de transportes mais inteligentes.

3.2.3 Smart Cities e Big Data

Nos dias de hoje, é comum depararmo-nos com a evolução das cidades para um formato mais inteligente (*Smart City*). Existe uma grande variedade de elementos que são responsáveis por esta evolução, nomeadamente: gestão da água, dos resíduos, dos transportes e da segurança [42]. Uma definição simples do que significa o termo *Smart City* é a seguinte: “uma cidade inteligente é aquela que faz uso da tecnologia para melhorar os resultados das operações que se desenvolvem na cidade e, desta forma, melhorar os serviços que a mesma oferece aos seus residentes” [43].

A tecnologia conhecida por *Big Data* é tida como uma das mais importantes, e que se considera ser de enorme potencial, relativamente ao aumento e uso de serviços provenientes das respetivas cidades ditas inteligentes. O termo *Big Data* remete para grandes quantidades de dados que podem ser analisados por diferentes entidades organizacionais, de forma a procederem-se com movimentos estratégicos que se consideram apropriados e respetivas decisões de negócio. A análise de *Big Data* é implementada para estudar grandes volumes de dados, e assim descobrirem-se padrões que possibilitam extrair informação considerada importante [42].

Segue uma breve explicação que tem como objetivo clarificar como é que a plataforma *web* se enquadra nestes dois termos revolucionários e tecnológicos (ver figura 13):

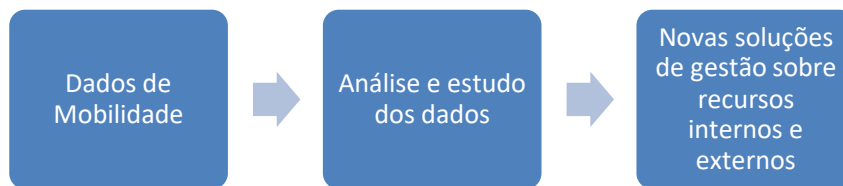


Figura 13 - Linha de processamento entre Dados de mobilidade e promoção do conceito de *Smart cities*

- A plataforma disponibiliza um conjunto de dados em tempo real que refletem a forma como os passageiros se movimentam nas redes de transportes (*Big Data*). Existe assim a possibilidade de os dados disponibilizados pela plataforma *web* serem estudados e analisados pelos operadores de mobilidade;
- Desta análise possibilita-se a implementação de novas formas de operar que se ajustem ao tipo de mobilidade que os seus passageiros apresentam: por exemplo, se existir um baixo nível de afluência nos respetivos transportes numa dada altura do dia, os operadores podem optar por diminuir os veículos circulantes nesse mesmo período;
- Conclui-se que este tipo de dados de mobilidade têm a capacidade de tornar a gestão dos recursos das empresas de transportes mais inteligentes, sendo que a gestão dos transportes é tida como um dos elementos com a capacidade de tornar uma cidade mais inteligente (*Smart City*).

3.3 Tecnologia Relevante

O desenvolvimento da plataforma *web* irá depender de um conjunto de tecnologias, que apesar de se comportarem como sistemas externos, são imprescindíveis ao seu desenvolvimento. Sem a existência de algumas destas tecnologias, que farão parte do desenvolvimento da plataforma, esta última não conseguiria suportar nem disponibilizar certos tipos de funcionalidades. A disponibilização de mapas de operações, acesso a dados em tempo real e comunicação direta com os passageiros, são algumas das funcionalidades que os operadores consideram ser fundamentais e que dependem de serviços externos para serem implementadas.

Deste seguimento, é necessário compreender-se quais são as tecnologias que terão um papel importante no desenvolvimento da plataforma e de que maneira é que as mesmas funcionam.

3.3.1 Pick By Ubirider

A Pick [12] é uma aplicação móvel desenvolvida pela Ubirider [44], disponível para os sistemas operativos Android e iOS que se enquadra no contexto de mobilidade, funcionando como um serviço do tipo MaaS. Esta aplicação possibilita o planeamento de viagens, acompanhamento durante o decorrer das mesmas, envio de notificações na chegada aos respetivos destinos,

entre outro tipo de funcionalidades [44]. A Pick permite aos utilizadores planearem as suas deslocações com base no critério mais conveniente no momento - mais rápido, mais barato, menos poluente - e pagar todos os bilhetes de uma só vez através de serviços instantâneos (por exemplo, através do MBWay) [45]. Ou seja, o utilizador tem a possibilidade de comprar os seus bilhetes a partir da própria aplicação, bem como validar os mesmos. Para que todo o processo de viagem possa ser feito recorrendo apenas ao dispositivo móvel, a Pick adapta-se à infraestrutura existente. Por exemplo, no caso de sistemas de validação ditos "fechados", ou seja, com portas de controlo nas estações, a Pick permite a sua abertura através da leitura de um código QR que se encontra disponível na estrutura física das mesmas (ver figura 14).

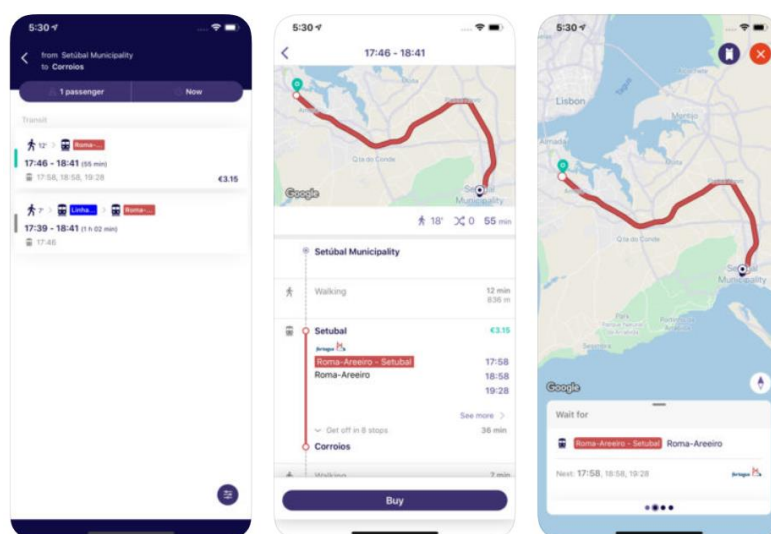


Figura 14 - Simulação de compra de título e início de viagem (Pick) [46]

A plataforma *web* irá disponibilizar algumas funcionalidades aos operadores que dependem desta mesma aplicação móvel. Os dados produzidos em tempo real, relatórios e dados estatísticos que a plataforma *web* deverá disponibilizar, são relativos ao fluxo de mobilidade adotado pelos utilizadores que fazem uso da Pick para se deslocarem. Seguem descritos alguns desses mesmos dados:

- Paragens com maior afluência;
- Receita por bilhete;
- Número de bilhetes comprados;
- Número de passageiros em viagem;
- Viagens por hora;
- Total de viagens;
- Filtragem dos passageiros por idade e género.

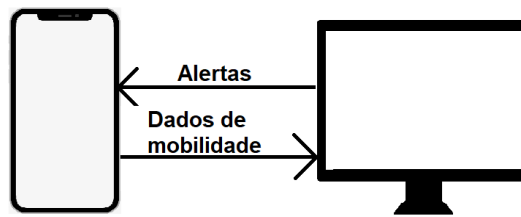


Figura 15 - Processos de interação entre a plataforma web e a Pick

É através da relação entre a plataforma web e a Pick que é possível estabelecer-se um canal de comunicação direto entre os passageiros que se deslocam com a ajuda da aplicação, e os respetivos operadores de mobilidade (ver figura 15). Este tipo de comunicação é importante para que as informações cheguem rapidamente aos passageiros. Caso decorram atrasos, mudanças de veículos, problemas nas infraestruturas ou linhas, os passageiros devem ser informados em tempo útil.

Deve-se salientar que, normalmente, este tipo de avisos direcionados aos passageiros (áudio ou visual) é executado pelas Infraestruturas de Portugal (IP). Esta última encontra-se responsável pelas infraestruturas ferroviárias e rodoviárias de Portugal e, por essa mesma razão, a informação que passa e que diz respeito às diferentes empresas de transportes, por ser um conjunto tão grande, nem sempre é a mais precisa ou chega em tempo útil aos respetivos passageiros.

É importante referir que os dados de mobilidade e este tipo de interações diretas com os respetivos passageiros constituem-se como sendo dados dinâmicos. Estes últimos, são o tipo de informações que são produzidas em tempo real e que, por isso, são tão importantes para os operadores de mobilidade.

3.3.2 General Transit Feed Specification (GTFS)

A Especificação geral de *feed* de transportes públicos (GTFS) [47] define um formato de *open source* para a troca de informações sobre horários, geografia e tarifas de transportes. Os *feeds* relativos ao GTFS permitem que as empresas de transportes publiquem dados num formato geral que possa ser consumido e utilizado pelos diferentes sistemas de forma interoperável [24].

Existem dois tipos diferentes de formatos GTFS disponíveis:

- O formato GTFS (por vezes referido como GTFS *Static*) que descreve um tipo de serviço agendado;
- O formato GTFS *Realtime* que é utilizado para comunicar previsões de chegada, posições de veículos e alertas de serviços.

Os dados do tipo GTFS estão disponíveis para mais de 1350 operadores de transportes públicos e centenas de sistemas recorrem a este tipo de dados [24].

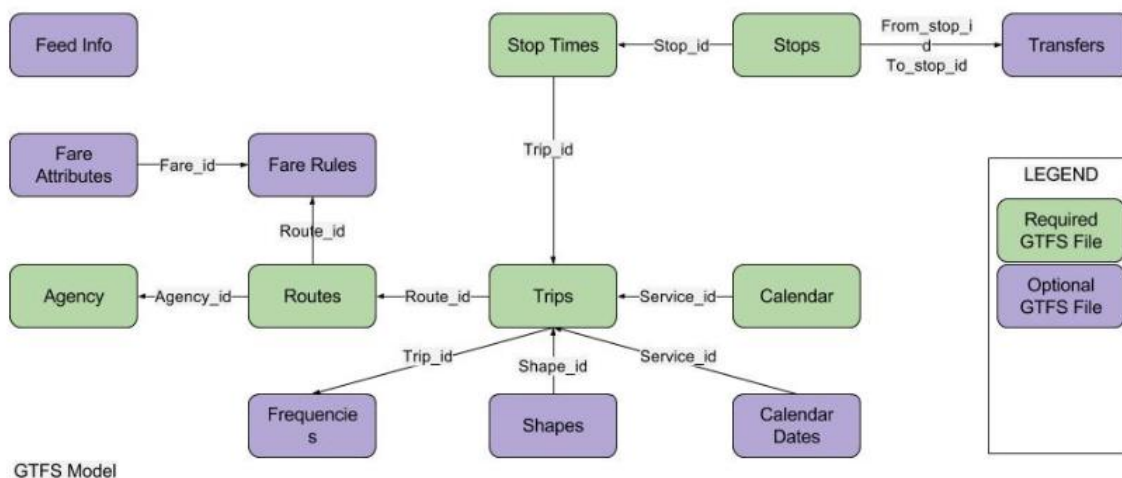


Figura 16 - Modelo GTFS [48]

O formato padronizado que se encontra representado na figura 16 consiste numa série de ficheiros de texto compilados num ZIP. Cada ficheiro modela um aspeto particular de informações de trânsito: *Stops*, *Shapes*, *Routes*, *Trips*, *Stop-Times* entre outros dados de programação. Estes últimos descrevem um típico sistema de trânsito e permitem planejar viagens de uma forma funcional, precisa e eficiente. Seis dos ficheiros representados na figura são formalmente exigidos (encontram-se representados a verde na figura acima) pelo próprio modelo de GTFS. Os ficheiros são compostos por chaves primárias que permitem, estabelecer uma ligação entre diferentes ficheiros com o intuito de criar uma rede única entre registos e enviar e receber solicitações diretas do *feed* geral [48].

A plataforma *web* recorre a este *feed* geral (GTFS) de dados de trânsito, mais propriamente o GTFS *static*, de forma a ser possível disponibilizar um conjunto de dados relativos à estrutura das redes de operações das empresas de transportes (rotas, paragens, bilhética, horários, entre outras informações). Os dados que constam nos ficheiros que constituem um GTFS são armazenados na respetiva base de dados segundo o formato anteriormente explicado. É importante para as empresas de transporte que os seus GTFS se encontrem sempre atualizados, pois existem várias aplicações que consomem este tipo de informação e as disponibilizam aos seus utilizadores.

A disponibilização dos ficheiros GTFS são da responsabilidade das próprias empresas de transportes. Por vezes as mesmas disponibilizam os ficheiros diretamente às entidades que os requisitam, mas por norma estas empresas colocam os ficheiros públicos através dos seus *websites* oficiais ou através de *websites* que se destinam à publicação deste tipo de ficheiros.

3.3.3 Firebase

Com a variedade de tecnologias que se encontram atualmente no mercado e que visam uma abstração relativa à programação orientada ao servidor, os programadores têm a difícil tarefa de decidir qual o tipo de *back-end* [49] que melhor se adequa às suas aplicações.

Uma das opções presentes no mercado e que melhor se posiciona relativamente à sua concorrência, devido às inúmeras ferramentas e serviços que disponibiliza, é o Firebase [50]. O Firebase é uma plataforma de desenvolvimento de aplicações móveis e *web* que procura auxiliar no desenvolvimento de aplicações de alta qualidade, aumentar a base de utilizadores dos seus clientes, bem como aumentar o seu lucro.

Esta plataforma de serviços agrupa os mesmos por categorias: criar melhores aplicações, melhorar a sua qualidade e, por último, expandir o negócio. Por cada uma das categorias anteriores, existe um conjunto considerável de ferramentas e de serviços que procuram facilitar o desenvolvimento, aumentar a escalabilidade e a manutenção do *software*.

Dos serviços que o Firebase disponibiliza, os que serão integrados na plataforma *web* são os que participam nas seguintes categorias:

Criar melhores aplicações

- Cloud Firestore;
- Cloud Functions;
- Authentication System.

Expandir o negócio

- Cloud Messaging.

O Cloud Firestore funciona como uma base de dados do tipo NoSQL [51]. O seu propósito é o de armazenar e sincronizar dados entre utilizadores e dispositivos [50]. Esta base de dados servirá para armazenar e gerir os operadores utilizadores da plataforma, bem como as empresas de transportes que se encontrem registadas na mesma.

As Cloud Functions são responsáveis por “estender” as aplicações através de um código de *back-end* personalizado, sem ser necessário gerir ou dimensionar os servidores dos clientes. Estas funções podem ser acionadas através de eventos, tendo estes últimos origem em produtos do próprio Firebase, serviços do Google Cloud, ou terceiros [50]. Este produto será responsável pela criação de utilizadores na Cloud Firestore e envio de *emails* (boas-vindas, redefinição de *password* e eliminação de conta) para os mesmos. Todos estes processos serão desencadeados de forma automática.

O Authentication System permite uma gestão simples e segura dos utilizadores subjacentes às aplicações clientes. Este sistema oferece diversos métodos de autenticação, tais como: *email* e *password*, provedores de terceiros (como Google e o Facebook), ou o uso direto do próprio sistema de contas dos clientes [50]. Este produto de autenticação servirá para registar os utilizadores da plataforma e permitir uma gestão relativa às suas sessões. O método de autenticação a ser implementado na plataforma, deverá ser o que se estabelece por intermédio de *email* e *password*.

O sistema de Cloud Messaging permite o envio de mensagens e notificações de forma gratuita para utilizadores de vários tipos de plataformas (Android, iOS e *Web*). Estas mensagens podem

ser enviadas através de dispositivos únicos, grupos, segmentos de utilizadores ou, até mesmo, através de tópicos específicos [50]. Este sistema de mensagens instantâneo será responsável por possibilitar a criação de um canal de comunicação direto entre operadores e passageiros utilizadores da Pick.

3.3.4 Ferramentas de Mapeamento Online

O processo de mapeamento, como o conhecemos hoje, tem sofrido grandes evoluções devido à aplicação da tecnologia na forma como os mapas são consumidos e distribuídos. No período de 20 anos (1970 - 1990), os mapas deixaram de ser apenas objetos estáticos em papel passando a ser interativos e possíveis de serem acedidos através de redes eletrônicas. Nos anos que se passaram, os mapas abraçaram novos conceitos de interatividade e tornaram-se ainda mais especializados neste campo. Hoje, é possível adicionar-se informações temáticas e realizarem-se edições sobre diferentes tipos de mapas base [52]. Este nível de interação, agora possibilitado através da *web* e de dispositivos móveis, tornou-se possível de ser concretizado depois do aparecimento das chamadas Ferramentas de Mapeamento *online*.

Estas ferramentas possibilitam o uso de mapas que são disponibilizados por sistemas de informações geográficas (GIS) [53]. Este tipo de sistemas permite a captura, armazenamento, verificação e exibição de dados relacionados com posições presentes na superfície da Terra. Os sistemas do tipo GIS são responsáveis por permitir que os indivíduos e as próprias organizações consigam compreender de uma forma mais clara os padrões e relacionamentos espaciais [54].

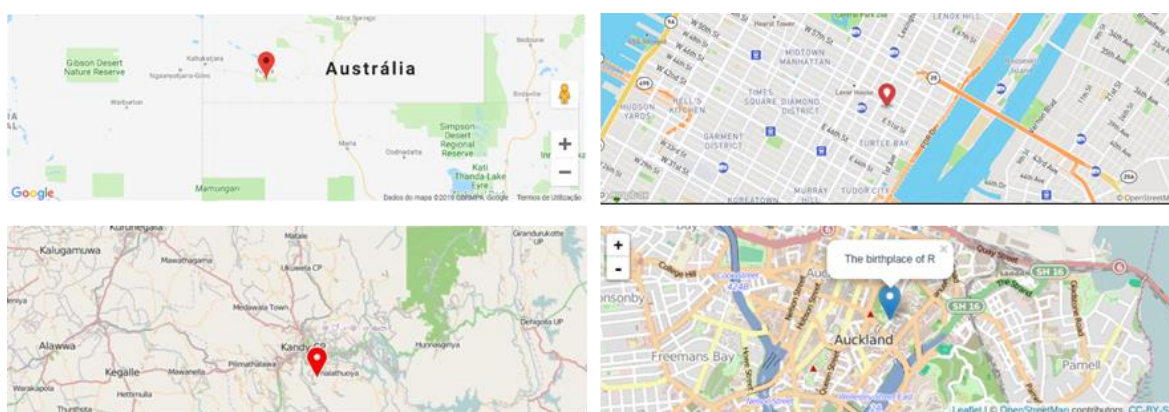


Figura 17 - Exemplos de mapas (Google Maps [55], MapBox [56], OpenLayers [57], Leaflet [58])

Na figura 17, encontram-se expressos alguns exemplos de mapas provenientes de diferentes ferramentas de mapeamento (Google Maps, MapBox, OpenLayers e Leaflet). Existem várias ferramentas deste tipo, no entanto a mais conhecida e utilizada pelos programadores, é a Google Maps API [55]. Estas ferramentas permitem a criação de mapas e a inserção de dados/informações sobre os mesmos. É possível marcarem-se locais específicos, desenhar figuras e rotas, usufruir de *heatmaps* [59], ter acesso a dados geográficos, tráfego rodoviário, entre outro tipo de funcionalidades. As especificações anteriores dependem do tipo de

ferramenta a que se recorre, pois cada uma apresenta um conjunto de funcionalidades e características específicas da ferramenta em questão.

3.3.5 Google Maps API (Ferramenta de Mapeamento *online*)

A Google [60] disponibiliza uma plataforma conhecida por Google Maps Platform, que possibilita o uso de vários serviços de mapeamento (Mapas, Rotas e Lugares). Existe um conjunto de APIs (*Interface* de Programação de Aplicações) [61] e SDKs (Kit de Desenvolvimento de Software) [61] que oferecem suporte a este particular serviço da Google. Os mesmos serviços seguem enumerados [62]:

- Mapas SDK para Android e iOS: Adicionar mapas a aplicações do tipo Android e iOS;
- Mapas *Static* API: Adicionar imagens de mapas simples e integráveis a *websites*;
- **Mapas JavaScript API**: Adicionar mapas interativos a *websites*. Podendo personalizar o mesmo com o seu próprio conteúdo e imagens;
- *Street View* API: Incorpora imagens do mundo real com panoramas de 360º;
- URLs de Mapas: Abrir o Google Maps e iniciar uma determinada ação, como por exemplo, pesquisar um lugar ou procurar rotas. Isto através de um esquema de URL específico.

O Mapas JavaScript API, é o serviço do Google Maps mais indicado para integrar e manipular mapas na *web*. Esta API permite a incorporação do Google Maps em páginas *web*, recorrendo apenas a uma *interface* simples ou uma *interface* Flash [63] (ver figura 18).

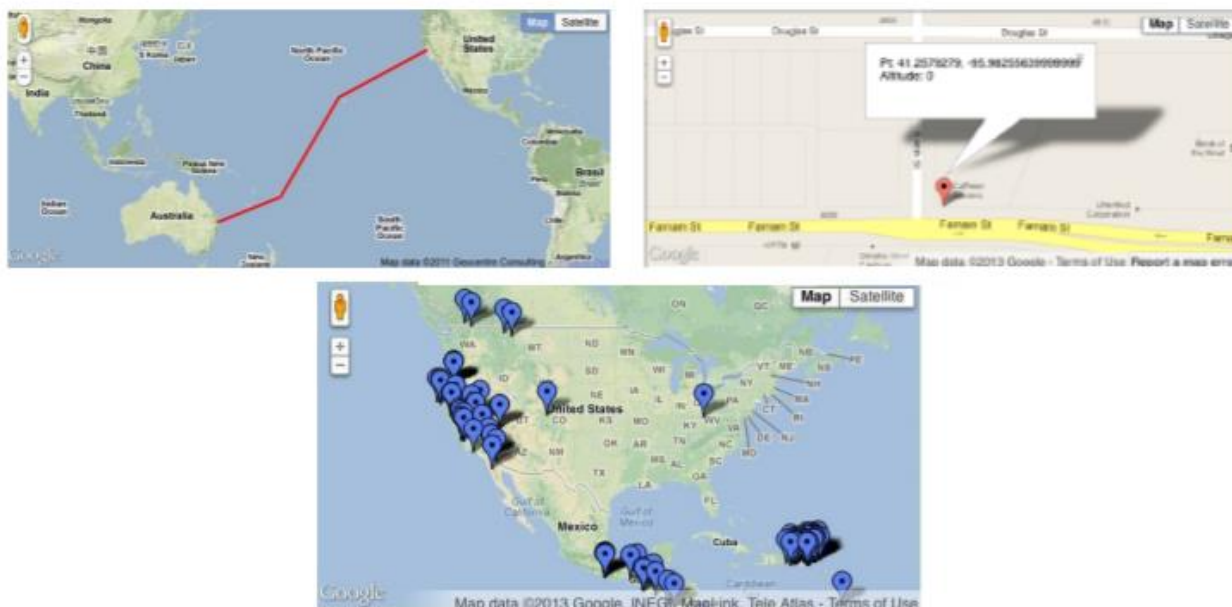


Figura 18 - Exemplos práticos da biblioteca *Drawing* [52]

Esta API possibilita o acesso a um conjunto de bibliotecas que são importantes para que se consiga atingir um elevado grau de controlo e de manipulação sobre os respetivos mapas. Seguem enumeradas as bibliotecas que o serviço Mapas JavaScript API disponibiliza [62]:

- **Desenhar** - Disponibiliza uma *interface* gráfica que possibilita o desenho de polígonos, retângulos, *polylines*, círculos e marcadores que são inseridos diretamente no mapa (ver figura 18);
- **Geometria** - Inclui funções utilitárias para calcular valores geométricos escalares (como distância e área) na superfície da terra;
- **Locais** - Permite que as aplicações pesquisem por locais específicos, como localizações geográficas, estabelecimentos e pontos de interesse proeminentes numa área definida;
- **Visualização** - Disponibiliza *heatmaps* para representação visual de dados.

3.4 Soluções e Projetos de Mobilidade

Têm sido vários os avanços que se fazem sentir no setor dos transportes. Surgem cada vez mais soluções tecnológicas que se diversificam em vertentes distintas, tais como: implementar serviços de carro “*on demand*” para áreas rurais, investir em linhas ditas “verdes” para os autocarros, desenvolver comboios de alta velocidade, recorrer a inteligência artificial para projetar rotas de circulação, entre muitos outros [64]. São desenvolvidas novas ideias, formatos e planos que com a ajuda da tecnologia pretendem elevar os transportes, de forma a tornar os mesmos mais flexíveis e mais orientados aos seus passageiros.

Sendo os transportes públicos a espinha dorsal de qualquer sistema eficiente de mobilidade urbana, a provisão adequada dos mesmos ajuda a tornar as cidades mais dinâmicas e competitivas, além de criar mais empregos [65]. Posto este facto, é importante que estes evoluam e consigam corresponder às necessidades dos passageiros, que se encontram cada vez mais centradas em soluções tecnológicas, e por isso são mais exigentes e mais focadas nas suas necessidades individuais.

Segue assim, uma breve apresentação relativa a um conjunto de soluções e projetos que se relacionam com o setor da mobilidade. Estes últimos promovem um tipo de negócio que se enquadra no mesmo contexto cuja plataforma *web* se insere. Ou seja, as soluções e projetos que serão posteriormente descritos, procuram melhorar a experiência dos passageiros tendo em conta as necessidades operacionais das empresas de transportes.

3.4.1 Citymapper Smart Ride

O Citymapper Smart Ride [66] é um sistema de procura completo para operadores de transportes e respetivas cidades. Esta aplicação da Citymapper enquadra um conjunto de

funcionalidades que cooperam entre si e que prometem dar aos seus utilizadores uma melhor e mais agradável experiência quando recorrendo aos transportes partilhados para se deslocarem. Esta aplicação enquadra-se no tipo de serviço MaaS, pois tem a capacidade de incorporar um conjunto de empresas de transporte num único sistema [67].

Existe um conjunto de dados e informações que são gerados através do uso da aplicação e que são importantes de serem analisados e avaliados pelos respetivos operadores de mobilidade [67]:

- **Operations Dashboard (Plataforma de operações)** - Possibilita a visualização das posições, colocação, rotas e o nível de procura tida pelos próprios passageiros. Estes dados podem ser posteriormente analisados como *historical reports*;
- **Smart Algorithms (Algoritmos inteligentes)** - São um conjunto de algoritmos que produzem, de uma forma inteligente, o fluxo de mobilidade dos diferentes veículos nas suas redes de operações. Isto para reduzir o tempo de espera, aumentar a utilização dos veículos e otimizar os seus trajetos previamente definidos;
- **Open Data (Dados livres)** - Converte num conjunto de ferramentas que possibilitam a criação, edição e publicação de dados referentes aos transportes, para os formatos e modos de transporte mais utilizados.

A Smart Ride da Citymapper não se centra apenas na disponibilização de uma aplicação, mas também, na integração de veículos personalizados (veículos *premium*) que são desenvolvidos a par com este conceito de Smart Ride. Atualmente estes veículos personalizados encontram-se circular apenas em Londres, pois este é ainda um projeto recente [67].

3.4.2 Moovit

A Moovit [68] é uma empresa que disponibiliza uma aplicação para as plataformas *mobile* e *desktop*. Tornou-se numa das empresas pioneiras, no que toca à integração de uma aplicação do tipo MaaS e no desenvolvimento de um serviço público gratuito. Foi nomeada a melhor aplicação de roteamento pela Google em 2016 e uma das melhores aplicações disponíveis na *App Store* em 2017. A Moovit foi lançada em 2012 e conta já com 300 milhões de utilizadores [68].

A aplicação que a empresa disponibiliza oferece a possibilidade de uma análise de dados alusivos à mobilidade urbana. Esta combina informações provenientes de operadores e autoridades de transportes públicos com informações em tempo real dos seus utilizadores. Disponibiliza também, uma imagem em tempo real do seu fluxo de mobilidade, bem como, a indicação da melhor rota para a viagem solicitada [68].



Figura 19 - Serviços consumidos/disponibilizados pela aplicação Moovit [69]

A Moovit oferece informações relativas aos transportes públicos em tempo real e uma navegação GPS multimodal. A aplicação destinge-se das aplicações tradicionais deste tipo, pois integra dados estáticos provenientes dos transportes públicos de operadores de trânsito com dados em tempo real recolhidos com a ajuda dos seus utilizadores, via *crowdsourcing*. Quando os utilizadores se deslocam com a aplicação aberta nos seus dispositivos móveis estes, de uma forma passiva e anónima, transmitem os dados alusivos à sua velocidade e localização diretamente para a Moovit. Esta última integra os respetivos dados da comunidade com os horários dos transportes públicos para melhorar os resultados dos respetivos planos de viagem com base nas condições atuais, tendo-se a possibilidade de partilhar esses mesmos dados com a comunidade de utilizadores da aplicação. Além de partilhar passivamente os seus dados, os utilizadores podem enviar ativamente relatórios incluindo o seguinte: razões para atrasos; superlotação dos veículos de circulação; satisfação relativa ao operador; limpeza e disponibilidade *wi-fi* [68] (ver figura 19).

3.4.3 Via Verde Transportes

Inaugurada em abril de 1991, a Via Verde Portugal disponibiliza métodos de cobrança a clientes operadores (prestadores de serviços de mobilidade, operadores de transportes públicos, táxis, mobilidade partilhada, entre outros) e a clientes finais. Esta empresa é conhecida pela criação do serviço Via Verde, que consiste num sistema de portagens eletrónicas onde atualmente se permitem pagamentos em 18 Concessões e Subconcessões de autoestradas nacionais [70].

A marca Via Verde constitui-se com sendo uma das marcas mais emblemáticas de Portugal, tendo sido pioneira no desenvolvimento e integração de uma rede de portagens *non stop* eletrónica. Esta empresa disponibiliza também um conjunto de novos serviços independentes do sistema de portagens. São agora, disponibilizados serviços que se enquadram no registo da mobilidade e que pretendem responder, de forma integrada, às necessidades de circulação tendo em conta as alterações registadas na nesta área [70].

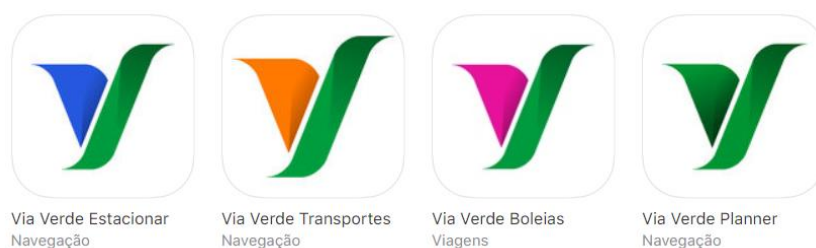


Figura 20 - Serviços de mobilidade desenvolvidos pela Via Verde Portugal [71]

Na figura 20, encontram-se representados os serviços tecnológicos de mobilidade desenvolvidos pela Via Verde, sendo um deles denominado por Via Verde Transportes. A Via Verde Transportes é uma aplicação móvel de navegação que permite comprar bilhetes, disponibiliza opções de viagem, guia os viajantes durante os seus percursos, abre portas de acesso nos terminais rodoviários através da leitura de um código QR ou do validador de Bluetooth, entre outro tipo de funcionalidades e especificações [72].

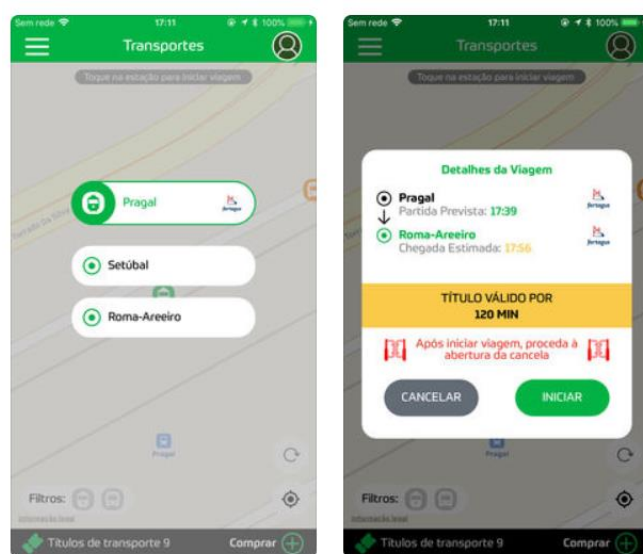


Figura 21 - Simulação de escolha de rota e disponibilização do título Fertagus [72]

Este serviço da Via Verde Portugal permite viajar de comboio ou autocarro com a ajuda de um *smartphone*. Tanto o pedido dos bilhetes como o seu pagamento realizam-se através da própria aplicação (ver figura 21). Desta forma, os viajantes não necessitam de esperar em filas nem de se deslocarem até aos pontos de compra dos respetivos bilhetes. Neste momento, a aplicação Via Verde Transportes encontra-se disponível tanto na *App Store*, como na *Google Play Store* [73].

4 Avaliação Tecnológica

Neste capítulo será avaliado um conjunto de ferramentas de mapeamento *online* (ver secção 3.3.4), de modo a ser possível concluir qual a ferramenta que melhor se adequa ao projeto em questão. Na respetiva avaliação irão constar um total de cinco ferramentas, sendo que, no entanto, apenas três serão avaliadas mais aprofundadamente. A avaliação irá desdobrar-se em três fases distintas: seleção das três melhores ferramentas, avaliação das mesmas e, por fim, haverá uma conclusão que permitirá optar-se por uma delas.

Serão utilizadas várias grandezas que se consideram ser importantes para a escolha da ferramenta. Deve-se também salientar que, destas últimas, as que terão mais peso nesta avaliação, serão as relativas aos requisitos tecnológicos que se espera que a plataforma *web* atinja, e cuja ferramenta de mapeamento *online* possa ter um papel ativo.

Segue uma breve explicação, que tem como propósito esclarecer sobre o porquê de este tipo de ferramentas serem tão importantes no que concerne ao desenvolvimento da plataforma *web*.

4.1 Mapeamento *Online* e Plataforma *Web*

A plataforma *web* deverá ser composta por um conjunto de funcionalidades que irão depender da disponibilização de mapas capazes de ilustrar a rede de operações de qualquer empresa de transportes.

Posto isto, os mapas apresentam-se na plataforma como sendo o ponto central de algumas das funcionalidades que a mesma deverá disponibilizar aos operadores. Como já foi referido anteriormente (ver secção 3.3.2), deverá ser providenciado um ficheiro GTFS pelas próprias empresas de transportes onde deverão constar informações relativas à sua rede e operações. Torna-se importante que a ferramenta de mapeamento *online* seja capaz de representar nos seus mapas todo o tipo de informação presente nos ficheiros GTFS: cor, posições, rotas, paragens e *tooltips* informativas.

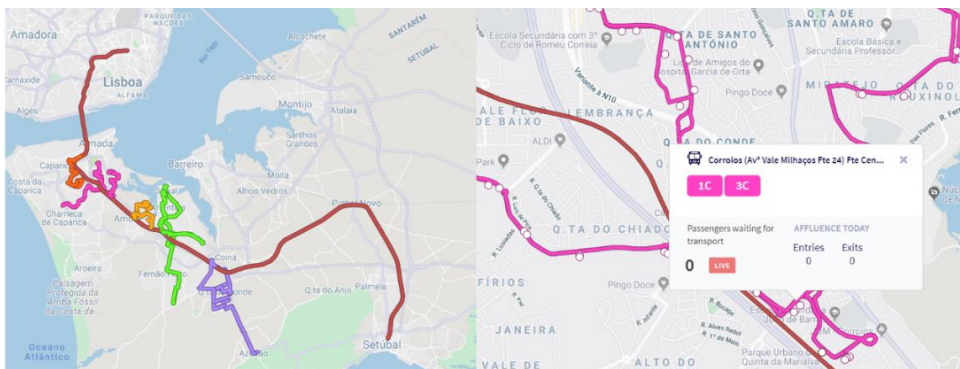


Figura 22 - Rede da empresa de transportes Fertagus [74] expressa num mapa da Google

Na figura 22 encontra-se ilustrado um exemplo prático de como a rede de uma determinada empresa de transportes deve ser representada no mapa. Para efeitos de exemplo recorreu-se à ferramenta de mapeamento *online* conhecida por Google Maps API (ver secção 3.3.5).

Na imagem situada do lado esquerdo pode-se verificar que as rotas apresentam uma cor específica, sendo que esta cor é responsável por caracterizar o tipo de rota. As rotas contêm posições que devem ser desenhadas de forma precisa no mapa, pois representam o seu percurso. Já do lado direito tem-se uma visão detalhada sobre as paragens que a rede contém. As paragens devem possibilitar a disponibilização de uma *tooltip* informativa cujo objetivo é o de fornecer dados de mobilidade relativos ao nível de afluência da paragem, bem como fornecer informações descritivas sobre a mesma: nome e linhas.

Depois de analisado o modo como os mapas devem ser construídos e qual o seu objetivo na plataforma, considera-se que esta é uma ferramenta importante devido ao papel que a mesma representa no sistema. A ferramenta deverá ser flexível, de confiança (desenvolvida por uma empresa com fortes alicerces) e, por último, deverá possibilitar um elevado nível de personalização sobre os seus mapas.

4.2 Seleção

As ferramentas que possibilitam a disponibilização de mapas através de aplicações *web*, denominam-se por ferramentas de mapeamento *online* [75]. São várias as ferramentas deste tipo, que se encontram disponíveis, e que podem ser utilizadas pelos programadores para integrarem nas suas aplicações.



Figura 23 - Top cinco de ferramentas de mapeamento *online* [76]

Na figura 23 encontram-se representadas as cinco ferramentas de mapeamento *online* mais utilizadas pelos programadores no ano de 2018.

- A API de mapeamento *online* desenvolvida pela Google (**Google Maps API**) foi a ferramenta mais utilizada nesse mesmo ano (Ver Anexo 1). Esta ferramenta apresenta um extenso número de possibilidades relativas ao tipo de personalizações e funcionalidades que podem ser aplicadas nos seus mapas [77];
- Em segundo lugar aparece a **Leaflet** [58], que apesar de muito usada pelos programadores, apresenta problemas associados ao desempenho de carregamento dos mapas quando se carregam grandes volumes de dados sobre os mesmos [78]. Por essa mesma razão, a Leaflet não irá constar neste processo de avaliação, pois esta não se adequa ao tipo de requisitos pretendidos para a plataforma. O carregamento de dados a serem disponibilizados através do mapa é um processo importante relativamente ao tipo de negócio que a plataforma *web* promove. Não é, por essa mesma razão, espectável que o seu desempenho seja afetado neste tipo de situação;
- Em terceiro lugar, segue a ferramenta denominada por **MapBox**. Esta última permite um elevado nível de personalização sobre os seus mapas e disponibiliza uma *interface* de personalização simples [79];
- Em quarto lugar encontra-se a **OpenStreetMap** [57]. Esta última funciona como uma fonte de dados da API anterior [80]. Ou seja, é possível ter-se acesso aos dados disponibilizados pela OpenStreetMap através dos mapas que a MapBox API disponibiliza. Posto este facto, a ferramenta OpenStreetMap não será avaliada. Isto porque o tipo de informações que a mesma disponibiliza relativamente aos seus mapas encontram-se disponíveis a partir da MapBox API e o nível de personalização possível de ser aplicado sobre os seus mapas é inferior ao desta última;
- Por último, tem-se a **OpenLayers API**. Esta ferramenta disponibiliza um grande número de *plugins* de personalização que podem ser aplicados nos seus mapas e permite que se recorra a quase todo o tipo de fonte de dados (Bing, Google, entre outras) através dos seus *wrappers* [81].

Desta forma, serão avaliadas três ferramentas de mapeamento *online*, denominadas por: **Google Maps**, **MapBox** e **OpenLayers**. Espera-se que, no final desta mesma avaliação, seja possível aferir-se qual a melhor ferramenta a ser integrada na solução do projeto, tendo em conta os requisitos subjacentes à própria plataforma *web*.

4.3 Avaliação das Ferramentas

Nas tabelas abaixo, encontram-se expostos os pontos fortes e fracos relativos às ferramentas anteriormente selecionadas. Estes últimos derivam de um conjunto de grandezas de avaliação, que surgiram após uma pesquisa detalhada sobre quais seriam as melhores grandezas a serem aplicadas no contexto em que a plataforma *web* se insere. As grandezas a seguir expressas encontram-se enumeradas de acordo com o seu grau de relevância para com o projeto em questão [82]:

1. Maturação dos serviços e empresa responsável pelo desenvolvimento da ferramenta.
2. Desempenho de carregamento de dados nos mapas.
3. Nível de personalização que pode ser aplicado sobre os mapas.
4. Grau de satisfação dos programadores e utilizadores que recorrem a este tipo de ferramenta.
5. Quantidade e qualidade da documentação que se encontra disponível.
6. Preço associado à sua utilização.

Tabela 5 - Pontos fortes/fracos da ferramenta Google Maps API

	Pontos Fortes	Pontos Fracos
1	O Google Maps é considerada a maior <i>player</i> no contexto do mapeamento <i>online</i> .	
2	A interface que disponibiliza é bastante fluida, tal como os seus marcadores [83]; Mantem a <i>performance</i> dos mapas mesmo com o carregamento de um grande volume de dados através da aplicação de métodos que possibilitam um equilíbrio de dados visíveis e não visíveis [84].	
3	Apresenta um extenso número de possibilidades relativas ao tipo de personalizações e funcionalidades que podem ser aplicadas nos seus mapas [77]; Disponibiliza um grande número de APIs que podem ser incluídas nos seus mapas.	Não são disponibilizados <i>plugins</i> externos, apenas os que são desenvolvidos pela Google podem ser utilizados quando recorrendo a esta API; A API é fechada e privada.
4	API mais utilizada no ano de 2018 [76]; Conta com uma grande comunidade de utilizadores e seguidores [76].	O grande número de utilizadores torna muitas das aplicações semelhantes no que concerne ao tipo de mapas que estas disponibilizam.
5	A documentação disponível é bastante completa, simples e repleta de exemplos;	

	Pontos Fortes	Pontos Fracos
6	Os seus serviços são gratuitos desde que a plataforma <i>web</i> não seja acedida mais de 28.000 de vezes por dia. Caso este número seja ultrapassado, deve ser pago um valor definido pela própria Google [85].	Os preços aplicados quando o limite é ultrapassado são considerados elevados para este tipo de serviços [85].

Tabela 6 - Pontos fortes/fracos da ferramenta MapBox API

	Pontos Fortes	Pontos Fracos
1	A Mapbox recebeu em 2017, 164 milhões de dólares de financiamento para continuar a trabalhar no crescimento da sua plataforma <i>open source</i> [86].	
2	Possibilita uma experiência mais fluida e mais responsiva através dos seus mapas; Carregamento rápido dos mapas, devido à geração de peças personalizadas [79].	
3	Disponibiliza um nível elevado de personalização de mapas [79]; Contém uma <i>interface</i> de personalização simples e <i>open source</i> . [79]; <i>Interface</i> gráfica fácil de usar para fazer mapas personalizados / vetores / visualizações de dados / injeção de dados e SVG personalizados através dos estilos de mapas existentes funcionando como camadas.	A padronização restrita dos dados presentes nos mapas pode representar dificuldades extras [79].
4	Disponibiliza alguns serviços que tanto a Google como a OpenLayers não providenciam (como por exemplo: imagens de satélite detalhadas ou geocodificação).	Elevado nível de complexidade de implementação e integração [79]; Disponibiliza um bom suporte técnico.
5		A documentação que se encontra disponível é desatualizada e desorganizada [79].
6	Disponibiliza, mensalmente, um elevado número de pedidos grátis direcionados à sua API. Não	Os extras e funcionalidades precisas da API não são de uso gratuito [79];

	Pontos Fortes	Pontos Fracos
	podendo estes exceder um limite máximo de 50.000 pedidos mensais [87].	O preço baseia-se mais no tráfego e menos nos recursos.

Tabela 7 - Pontos fortes/fracos da ferramenta OpenLayers API

	Pontos Fortes	Pontos Fracos
1		A versão 3 encontra-se ainda num processo de desenvolvimento ativo, sendo que a API anuncia várias alterações de forma pontual.
2	O poder e a flexibilidade são as suas duas características mais fortes [88].	Existem alguns <i>plugins</i> que quando inseridos nos mapas tornam o carregamento do mesmo mais lento [89].
3	Disponibiliza um grande número de <i>plugins</i> de personalização que podem ser aplicados nos seus mapas [90]; Permite que se recorra a quase todo o tipo de fonte de dados (Bing, Google, entre outras) através dos seus <i>wrappers</i> [81].	
4		A sintaxe da API apresenta um nível de dificuldade considerável [88]; Requer conhecimento em JavaScript.
5	Elevado número de exemplos disponíveis [88].	Muitas vezes os exemplos presentes na documentação encontram-se desatualizados [88].
6	Os seus serviços são grátis para usar e distribuído sobre a licença BSD 2-Clause [88].	

De modo a ser possível concluir sobre a informação disponível nas tabelas anteriores, procedeu-se com a transposição da mesma para um conjunto de gráficos. Nos gráficos encontram-se definidas as percentagens atingidas pelas ferramentas de mapeamento *online* em conformidade com o número de pontos fortes e fracos definidos por grandeza. As pontuações regem-se pela seguinte lógica:

- 0% - Apresenta apenas pontos fracos;
- 50% - Apresenta tanto pontos fortes como fracos;
- 100% - Apresenta apenas pontos fortes.

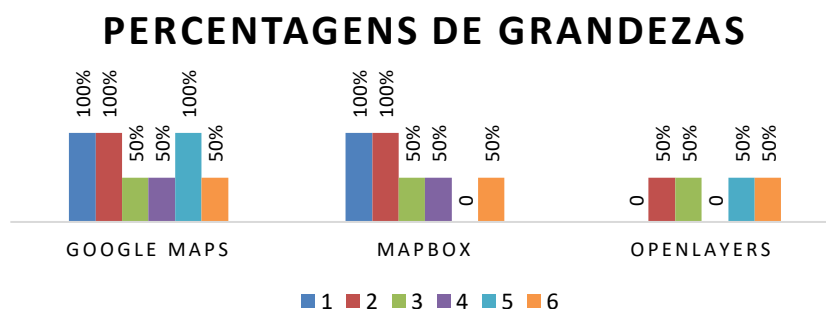


Figura 24 - Pontuações de grandezas atingidas por ferramenta

Na figura 24 encontram-se representados os gráficos relativos aos resultados obtidos por cada ferramenta em análise. Verifica-se que as ferramentas MapBox e OpenLayers apresentam grandezas com a pontuação mais baixa (0%). Visto que, as grandezas se encontram organizadas por ordem de prioridade, e apresentando a ferramenta OpenLayers dois valores mínimos, sendo um deles relativo a uma grandeza considerada como a mais prioritária, conclui-se que esta ferramenta deve ser excluída.

O baixo nível de maturação associado aos serviços da OpenLayers é um fator muito importante para este projeto e seu desenvolvimento. Tal deve-se ao facto, de a ferramenta de mapeamento *online* ser uma tecnologia com um grande relevo de importância na elaboração desta solução. Posto isto, o nível de maturação associado aos seus serviços e da própria empresa responsável por desenvolver a ferramenta, devem ser o mais confiáveis possível de modo a não comprometer o desenvolvimento da própria plataforma.

Deste modo, segue uma análise focada apenas nas ferramentas Google Maps e MapBox que tem como objetivo concluir sobre qual a melhor ferramenta a adotar. Esta última terá por base uma análise dirigida aos pontos que se consideram ser os mais fortes, pertencentes a ambas as ferramentas. Os pontos que serão comparados e analisados na fase seguinte de conclusão serão os decisores finais desta avaliação.

4.4 Análise dos Pontos Fortes

Seguem especificados os pontos concluídos anteriormente como sendo os mais relevantes para cada uma das ferramentas presentes neste análise final.

Grau de satisfação dos programadores/utilizadores e maturação dos seus serviços

A ferramenta do Google Maps foi das primeiras ferramentas de mapeamento *online* a surgir no mercado. Esta conta neste momento, com um grande número de seguidores e programadores que fazem uso dos seus serviços diariamente (ver figura 25).

Technology	Websites	%
 Google Maps	5,082,125	86.93
 Yandex Maps	394,508	6.75
 MapBox	312,137	5.34
 OpenStreetMap	14,384	0.25
 Google Maps Engine	13,484	0.23
 Bing Maps	11,209	0.19

Figura 25 - Percentagem de utilização das ferramentas de mapeamento *online* [91]

O número de clientes da API do Google Maps é de tal ordem elevado que atinge um total de utilizadores que chega a ser de mil milhões (quase metade dos utilizadores que navegam pela *internet*) [92]. Esta grande adesão por parte dos programadores, passa pelo facto de a respetiva API ser de fácil utilização (contém uma documentação bastante completa e bem organizada), ter um elevado nível de personalização de mapas, e sendo desenvolvida pela Google, apresenta um nível de confiabilidade associada aos serviços bastante elevada.

Relativamente à MapBox, esta apresenta alguns pontos críticos de insatisfação para os programadores: a sua documentação, por vezes, não se encontra atualizada, apresenta um nível de complexidade baixo e, por último, a sua organização não é a mais adequada. Para os programadores este é um ponto importante, pois pode afetar todo o processo de desenvolvimento, tanto no que concerne ao tempo de execução de tarefas, como na finalização dos próprios projetos.

Nível de personalização dos mapas

A MapBox tem um ponto importante que a eleva perante a API do Google Maps. Os seus serviços de mapeamento têm um nível de personalização de mapas superior aos da Google. Esta oferece um maior número de opções e funcionalidades, isto porque, a mesma possui um editor de mapas conhecido por TileMill [93] que contém uma *interface* de fácil utilização e que permite personalizar os seus mapas ao detalhe [94].

Já a API do Google Maps não é tão flexível no que toca à personalização dos seus mapas. É obrigatório seguir expresso a referência da distribuidora (Google) no respetivo mapa que é disponibilizado aos utilizadores. A nível de adição de componentes no mapa, a mesma permite apenas que se recorra a serviços distribuídos pela própria empresa. Sendo que a API do Google Maps não permite a integração de APIs ou serviços externos.

Preço associado aos serviços

A API do Google Maps oferece um total de 25000 carregamentos sobre os seus mapas, sendo estes termos renovados diariamente. No entanto, anteriormente era cobrado um valor variável por mil carregamentos de mapa [95].

Google Maps Platform Dynamic Maps

Up to 28,000 loads/month	Free
0–100,000/month	7.00 USD per 1000
100,001–500,000/month	5.60 USD per 1000

Mapbox Dynamic Maps

50,000/month	Free
1,000 web map views	0.50 USD

Figura 26 - Tabela de preços (API do Google Maps e API da MapBox) [87]

De acordo com a última atualização da Google (em vigor desde setembro de 2015), o preço foi revisto. Atualmente a Google cobra 6.15€ a partir de 28.000 pedidos aos seus serviços no prazo de um mês. Atingindo o valor de 100.000 pedidos mensais, o custo é reduzido para um total de 4.92€ (ver figura 26).

Analizando agora os preços associados aos serviços da MapBox tem-se o seguinte: esta oferece por mês, um total de 50.000 carregamentos direcionados aos seus serviços. Caso esse valor seja ultrapassado o custo passa a ser de 0.44€ mensais (ver figura 26).

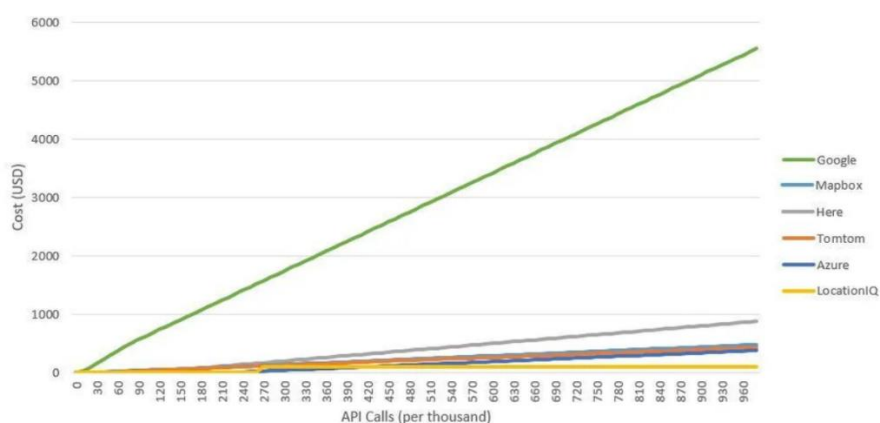


Figura 27 - Preço/Pedidos às APIs das ferramentas de mapeamento [96]

Como se pode observar através do gráfico anterior, existe uma grande disparidade entre o custo associado ao número de pedidos que são direcionados à API da Google Maps comparativamente com os dos restantes elementos. Os seus preços crescem de uma forma

exponencial enquanto que os da MapBox crescem de forma constante e significativamente menos acentuada.

4.5 Conclusão

Segue agora uma reflexão sobre os pontos anteriormente expostos, de forma a ser possível concluir sobre qual a melhor ferramenta a ser adotada pela plataforma *web*:

Grau de satisfação dos programadores e utilizadores

Apesar de a **MapBox** proporcionar um elevado nível de personalização sobre os seus mapas, os programadores não se encontram atualmente satisfeitos com a sua documentação. Por vezes esta encontra-se desatualizada ou disponibiliza exemplos de uma forma demasiado breve, o que dificulta a execução de tarefas de desenvolvimento mais complexas.

Já a documentação relativa à **API do Google Maps**, considera-se que seja de mais fácil perceção, existem vários exemplos de diferentes formas de desenvolvimento, e como o número de programadores que recorre às mesmas é tão elevado, existe uma grande troca de ideias e de experiências de desenvolvimento.

Nível de personalização dos mapas

A **MapBox**, a nível de personalização dos seus mapas, apresenta melhores opções comparativamente com a **API do Google Maps**. Esta permite uma personalização dos mapas mais “livre” e sem restrições no que toca ao tipo de serviços ou APIs externas possíveis de serem integradas. No entanto, a **API do Google Maps** apresenta um nível de personalização que permite cumprir os objetivos definidos para os mapas de apresentação aos operadores.

Maturação dos serviços e empresa responsável pelo desenvolvimento da ferramenta

O facto de a **MapBox** ser uma empresa mais recente do que a **Google Maps** (MapBox: 2010; Google Maps: 2005) faz com que exista um maior grau de confiança associado aos serviços disponibilizados por esta última. Também é importante referir, que a OpenStreetMap (marca registada da MapBox) encontra-se de momento num processo de individualização. Dado que, se decorrer uma quebra entre estas duas empresas, a **MapBox** ficará desprovida de dados geoespaciais, o que torna o futuro desta última incerto.

Preço associado aos serviços

Relativamente aos custos associados a cada um dos serviços disponibilizados por ambas as ferramentas, tem-se que os preços praticados pela **MapBox** são inferiores aos do **Google Maps**. No entanto ambas as ferramentas oferecem por mês, um elevado número de pedidos direccionados aos seus serviços (28.000 - Google Maps e 50.000 - MapBox). Ou seja, os serviços disponibilizados pelas ferramentas são apenas cobrados, quando a empresa que usufrui dos mesmos apresenta um número significativo de acessos diários aos respetivos mapas.

Por esta mesma razão, o facto de a **MapBox** apresentar custos inferiores não faz com que a mesma fique em vantagem relativamente à **API do Google Maps**. Isto porque, o limite grátis de carregamentos direccionados a ambos os serviços é bastante elevado.

Conclui-se assim, que a melhor ferramenta de mapeamento *online* a adotar é a **API do Google Maps**. Segundo as grandezas anteriormente avaliadas, é possível concluir que esta última apresenta pontos fortes que são uma mais-valia para a plataforma *web*.

Para terminar, deve-se referir que a avaliação realizada neste capítulo não abrange qualquer tipo de projeto, esta última depende das suas características e contexto. Ou seja, no contexto da plataforma *web* (grandezas definidas) esta é uma ótima ferramenta a integrar, mas outros projetos, com características diferentes, podem concluir que uma outra ferramenta possa ser a mais indicada tendo em conta o seu contexto, bem como as suas características.

5 Descrição Técnica

Este capítulo irá descrever a solução proposta relativa ao projeto em questão. O capítulo começa por apresentar uma componente subjacente ao negócio onde se insere a plataforma, passando pela descrição dos requisitos funcionais e não funcionais do *software*. É através dos requisitos funcionais que será possível compreender o tipo de funcionalidades que serão disponibilizadas aos operadores.

Como último ponto, tem-se o desenho da solução, que visa descrever a mesma através de uma vertente mais tecnológica. Será apresentada uma visão geral de todo o projeto, expresso o ambiente de desenvolvimento dos diferentes componentes que constituem o *software*, denotada uma importante restrição de utilização e, por último, serão descritos os diagramas de sequência subjacentes aos requisitos funcionais.

5.1 Análise e Modelação

Esta secção será responsável por descrever o modelo conceptual do problema cuja plataforma *web* se enquadra. Para que fosse possível moldar o problema de forma sequencial, optou-se pela sua divisão de modo a conseguir-se transpor uma perspectiva mais detalhada relativa ao seu negócio e funcionamento.

Deste modo, começa-se pela apresentação do modelo de domínio relativo à plataforma. Através da análise deste último, será possível tomar conhecimento das entidades de negócio que fazem parte do contexto deste projeto e quais as relações que as mesmas estabelecem.

A secção termina com uma análise focada nos requisitos funcionais e não funcionais subjacentes à plataforma *web*. A sua descrição e posterior análise são importantes para que se possa compreender toda a dinâmica da plataforma.

5.1.1 Modelo de Domínio

Nesta secção, irá realizar-se uma análise orientada ao modelo de domínio cuja função é a de caracterizar o negócio relativo à plataforma *web*. Este tipo de diagrama ilustra as entidades, atributos e relações mais importantes no contexto do domínio do problema subjacente ao produto em análise [97].

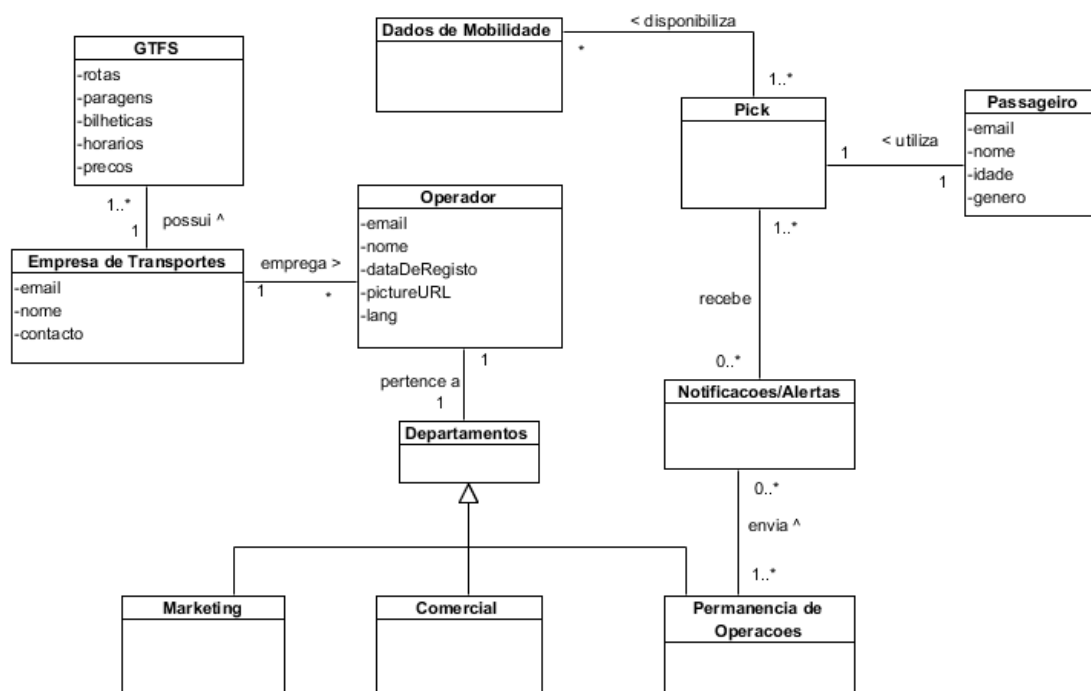


Figura 28 - Modelo de domínio

Na figura 28 encontra-se representado o modelo de domínio inerente ao projeto em questão. Neste último é possível destacarem-se as seguintes entidades de negócio e suas interações:

- **Operador:** Interage diretamente com a plataforma *web*, fazendo assim uso das suas funcionalidades. Como se pode observar através da figura anterior, os Operadores pertencem a três tipos distintos de departamentos (Marketing, Comercial e Permanência de Operações). Cada um dos **Operadores** faz uso da plataforma de acordo com o tipo de funções que desempenha na **Empresa de Transportes** empregadora;
- **Empresa de Transportes:** Responsável por empregar um conjunto de **Operadores** cujas suas funções são as de manter a empresa rentável e a funcionar devidamente. Associado a este tipo de empresas encontram-se um conjunto de dados que caracterizam todas as suas operações (rede, horários e bilhética). De forma a ser possível qualquer tipo de sistema disponibilizar estes mesmos dados, relativos à **Empresa de Transportes** em questão, é necessário que a empresa disponha de um tipo de ficheiro denominado por **GTFS**;
- **GTFS (General Transit Feed Specification):** Este é um tipo de ficheiro que segue um conjunto de regras de organização e obrigatoriedade de inserção de dados específico. Constitui-se como sendo uma peça importante tanto para as **Empresas de Transportes**, que querem tornar os seus dados públicos, como para todo o tipo de aplicações que pretende aceder e disponibilizar os mesmos;

- **Pick:** Aplicação móvel responsável por interagir diretamente com os **Passageiros** e os auxiliar nas suas viagens. Esta aplicação é responsável por registar todo o tipo de **Dados de Mobilidade** que resultam da interação com os seus utilizadores (**Passageiros**);
- **Passageiro:** Responsável por possibilitar todo o tipo de geração de **Dados de Mobilidade** através do uso da aplicação móvel **Pick**. A sua mobilidade é registada através desta aplicação e posteriormente transmitida para a plataforma *web*;
- **Notificações/Alertas:** São enviadas **Notificações/Alertas** para os **Passageiros** através da plataforma *web*. Os **Operadores** elaboram os alertas na plataforma, e conseguem fazer chegar os mesmos até aos **Passageiros**, através da **Pick**. Este tipo de comunicação direta com os **Passageiros** é muito importante para as **Empresas de Transportes**, pois estes últimos deixam de depender de uma entidade externa para executar este tipo de tarefas. Deste modo a comunicação torna-se mais precisa, mais correta e podendo chegar sempre em tempo útil até aos **Passageiros**.

5.1.2 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais, definem-se como uma função representativa de um sistema de *software*. Este tipo de função integra um conjunto de *inputs*, *outputs* e comportamentos cujos respetivos sistemas adquirem quando uma determinada ação é desencadeada. Os requisitos podem ser de diferentes tipos: cálculos, manipulação de dados, detalhes técnicos, entre outras funcionalidades responsáveis por definir o próprio *software* [98].

Relativamente ao levantamento de requisitos funcionais, o artefacto mais indicado para expor este tipo de processo, é o diagrama conhecido por casos de uso. Este tipo de diagrama retrata os sistemas de *software* através de uma representação gráfica que expõe os seus atores e respetivos casos de uso.

Segue representado o digrama de casos de uso responsável por ilustrar as diferentes interações que se estabelecem entre operadores, administrador do sistema e a plataforma *web*.

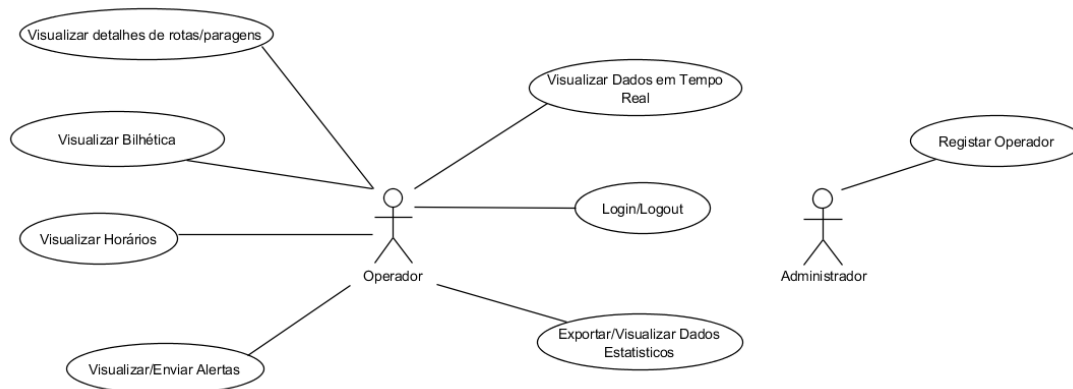


Figura 29 - Diagrama de casos de uso

Como se pode verificar através da análise da figura 29, existem dois tipos de atores distintos (operador e administrador). Apesar de o administrador não aceder diretamente às funcionalidades disponibilizadas pela plataforma, este último participa no processo de registo dos operadores.

O Administrador é a entidade que tem como função o registo do operador no sistema. Este ator representa os indivíduos responsáveis pela plataforma. O operador simboliza qualquer tipo de funcionário que desempenhe funções nas empresas de transportes e que utilize a plataforma *web*.

De modo a ser possível compreender como funcionam os casos de uso anteriores, segue uma breve explicação que visa a sua apresentação.

Registar operador e login/logout

O caso de uso registar operador representa o processo de geração das credenciais de acesso à plataforma. Como primeira instância, é necessário o *email* do operador que pretende fazer uso do sistema. O administrador deve inserir o respetivo *email*, o seu nome, o nome da empresa de transportes a que este ficará associado e por último, o idioma de comunicação que deve seguir nos respetivos emails de boas-vindas, redefinição de *password* e eliminação de conta (ver figura 30).

The figure displays three screenshots of the 'Pick Hub Back-Office' interface, illustrating the account creation process:

- Top Left Screenshot:** A form titled 'Pick Hub Back-Office' with four input fields: 'Email do novo utilizador', 'Nome do utilizador', 'Nome da agência', and 'Língua'. A green 'Criar' button is at the bottom.
- Top Right Screenshot:** A form titled 'Insira uma nova palavra-chave' with two password input fields: 'Nova palavra-passe' and 'Confirmar palavra-passe'. A green 'Alterar palavra-passe' button is at the bottom.
- Bottom Screenshot:** A login screen titled 'Bem vindo à Pick Hub' with the subtitle 'A tua rede, os teus dados.' It features an 'Email' input field, a 'Palavra-chave' input field, a link 'Esqueceu-se palavra-chave?', and a green 'Entrar' button.

Figura 30 - Processo de geração de uma nova conta de acesso [17]

Posteriormente, o operador recebe um *email* de boas-vindas onde segue um *link* que possibilita a definição da sua *password*. O *link* direciona o operador para uma página de definição de *password* e possibilita que a mesma fique associada ao seu *email*. Caso o processo se desenvolva com o devido sucesso, este último segue para a página de *login* da plataforma onde deve colocar as suas credenciais de acesso, agora criadas.

The figure shows a screenshot of the 'Recuperar conta' (Recover account) page. It includes a back arrow icon, the title 'Recuperar conta', and the instruction: 'Por favor insira o endereço de email usado para criar a sua conta, e enviar-lhe-emos um link para redefinir a sua palavra passe.' Below this is an 'Email' input field and a green 'Redefinir palavra-passe' button.

Figura 31 - Página de recuperação de *password* [17]

Caso o operador não se recorde da sua *password*, o mesmo é redirecionado para uma página que possibilitará a sua redefinição. Para que este processo seja possível de ocorrer, é apenas necessária a inserção do *email* do Operador em causa (ver figura 31). Para o caso de uso denominado por *logout*, o operador deve apenas terminar a sessão através de um botão que permite o término de sessão e que se encontra disponível na plataforma.

Visualizar dados em tempo real

Os operadores têm acesso aos dados produzidos em tempo real a partir do momento em que efetuam o respetivo *login* (ver figura 32). Os dados são apresentados no *dashboard* e através das *tooltips* informativas das paragens. As informações que são disponibilizadas aos operadores são as seguintes: receita por bilhete, número de passageiros a viajar e tipo de bilhete que utilizam, número total de passageiros que viajaram no presente dia, número e tipo de validações que decorreram e, por fim, número de passageiros que se encontram à espera do seu transporte por paragem. Sendo que estes dados são apenas relativos aos passageiros que se deslocam através da aplicação móvel Pick.

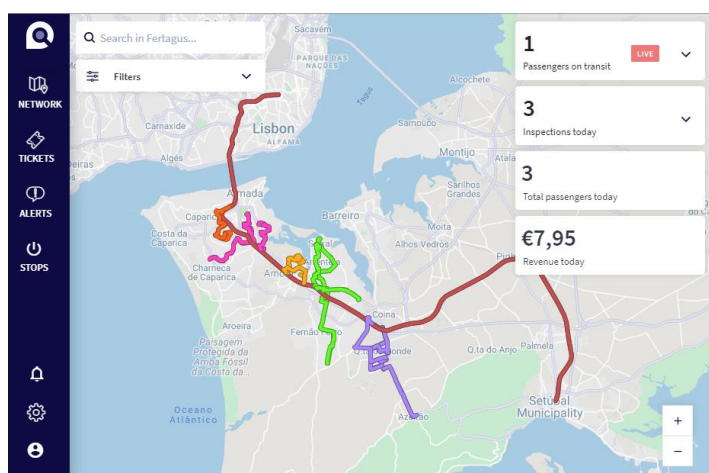


Figura 32 - Exemplo da página de *Dashboard* com a rede Fertagus [17]

Visualizar detalhes de rotas/paragens

Através do *dashboard* os operadores têm a possibilidade de visualizar em detalhe qualquer paragem ou rota que conste nas operações relativas à empresa de transportes a que estes se encontram associados.

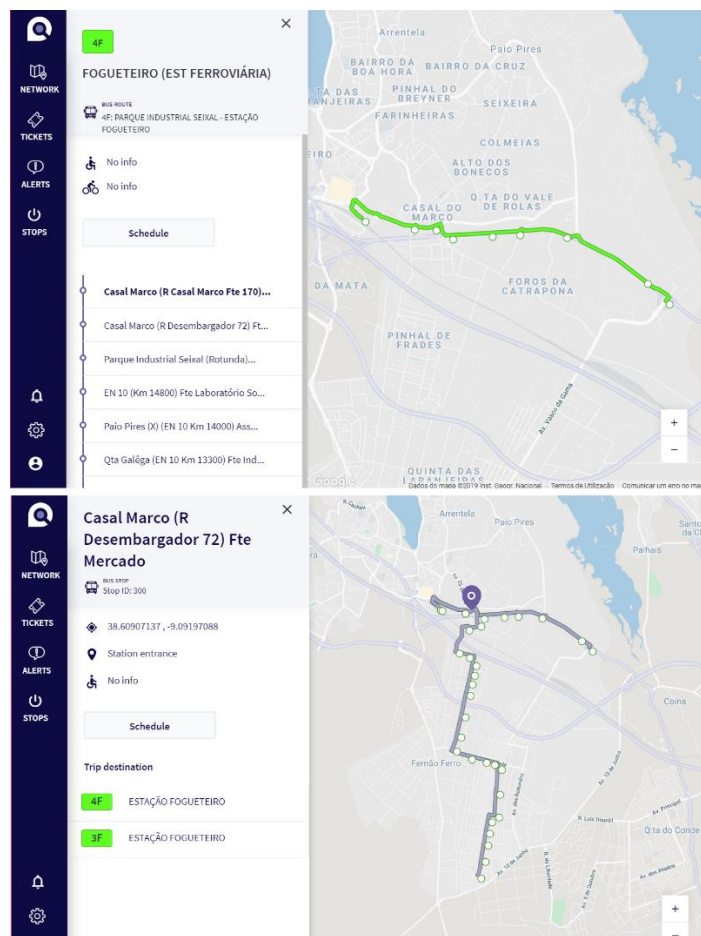


Figura 33 - Exemplo dos detalhes de uma rota e paragem das operações da Fertagus [17]

Na figura 33 encontram-se representados os detalhes de uma dada rota e paragem respetivamente.

Neste tipo de detalhes é possível ter-se acesso às seguintes informações: nível de acessibilidade para indivíduos de cadeira de rodas, localização precisa de uma determinada paragem (latitude e longitude), se é permitido o uso de bicicletas e, por último, se a paragem selecionada contém uma plataforma principal, secundária ou independente (localizada fora do perímetro da plataforma principal).

É importante referir que este tipo de informação, tal como bilhética e horários, têm origem no ficheiro GTFS que as empresas de transportes disponibilizam, sendo que alguns campos não são obrigatórios de serem preenchidos. Por esta mesma razão, em algumas situações, os dados disponibilizados não se encontram totalmente completos.

Visualizar bilhética

O operador tem a possibilidade de visualizar horários e dados de bilhética relativos à sua empresa de transportes. Os dados de bilhética encontram-se organizados por tipo de bilhetes, sendo que por cada bilhete é disponibilizado o seu preço, se o mesmo se encontra ativo, tipo

de tarifa associada, a sua descrição, quais os transportes que permitem a circulação através do respetivo bilhete, entre outro tipo de informações (ver figura 34).

PRICE	FARE STRUCTURE	STATUS
1.50€	Origin - Destination	
2.00€	Origin - Destination	
2.25€	Origin - Destination	
2.65€	Origin - Destination	
3.05€	Origin - Destination	
3.35€	Origin - Destination	
3.70€	Origin - Destination	
3.95€	Origin - Destination	
4.30€	Origin - Destination	
4.55€	Origin - Destination	

DESCRIPTION

Título unitário vendido a portadores de Cartão Lisboa Viva. Permite a realização de um número limitado de viagens de autocarro e comboio entre a estação de origem e a estação de destino para o qual o Título foi emitido. Válido por 32 dias a partir do carregamento/venda.

TRANSPORT

- Train
- Bus

CONTRACT CONDITIONS

Nº of trips	unlimited
Allows transfers	yes
Nº of transfers	unlimited

Figura 34 - Exemplo da página de bilhética [17]

Visualizar horários

Os operadores têm a possibilidade de aceder aos horários da sua rede através da definição de horas ou dias específicos, sendo que existe uma divisão por dias úteis, sábado e domingo. Esta divisão ocorre, pois a circulação dos veículos pode variar consoante a temporada e dia da semana. Os horários que a plataforma disponibiliza derivam de paragens e de rotas, ou seja, os operadores têm a possibilidade de aceder aos horários de uma paragem ou de uma rota em particular (ver figuras 35 e 36).

Corroios (R Cidade Almada 8) Banco CGD

WORKING DAYS

1P	Charneca Caparica	17:14
3C	IPº Bento Gonçalves	17:14
1P	Charneca Caparica	17:14
3C	IPº Bento Gonçalves	17:14
1P	Charneca Caparica	17:14
3C	IPº Bento Gonçalves	17:14
1P	Charneca Caparica	17:14
3C	IPº Bento Gonçalves	17:14
1P	Charneca Caparica	17:14
3C	IPº Bento Gonçalves	17:14
1P	Charneca Caparica	17:14
3C	IPº Bento Gonçalves	17:14

SATURDAYS

1P	Charneca Caparica	17:14
3C	IPº Bento Gonçalves	17:14

SUNDAYS AND HOLIDAYS

1P	Charneca Caparica	17:14
3C	IPº Bento Gonçalves	17:14

Figura 35 - Exibição dos horários de uma paragem [17]

	WORKING DAYS	SATURDAYS	SUNDAYS AND HOLIDAYS
Ch Caparica (Estr Bela Vista 191)	07:05	07:15	08:05 08:15 08:35 09:05 09:35
Ch Caparica (Estr Bela Vista 179) (X) Qta Nova	07:15	07:15	07:15 07:15 07:15 07:15 07:15
Vale Fetal (Estr Bela Vista Fle 186) Curva Silva	07:25	07:25	07:25 07:25 07:25 07:25 07:25
Vale Fetal (Estr Bela Vista Fle 140)	07:40	07:40	07:40 07:40 07:40 07:40 07:40
Vale Fetal (Estr Bela Vista) Marco Geodésico	07:50	07:50	07:50 07:50 07:50 07:50 07:50
Vale Fetal (Estr Bela Vista 71) Fle Pastelaria	08:02	08:02	08:02 08:02 08:02 08:02 08:02
Vale Figueira (Estr Bela Vista) CSP	08:09	08:09	08:09 08:09 08:09 08:09 08:09
Vale Figueira (R Vale Figueira) Posto Galp	08:14	08:14	08:14 08:14 08:14 08:14 08:14
Ch Caparica (Estr Bela Vista 191)	08:18	08:18	08:18 08:18 08:18 08:18 08:18
Ch Caparica (Estr Bela Vista 179) (X) Qta Nova	08:25	08:25	08:25 08:25 08:25 08:25 08:25
Vale Fetal (Estr Bela Vista Fle 186) Curva Silva	08:30	08:30	08:30 08:30 08:30 08:30 08:30
Vale Fetal (Estr Bela Vista Fle 140)	08:34	08:34	08:34 08:34 08:34 08:34 08:34
Vale Fetal (Estr Bela Vista) Marco Geodésico	08:40	08:40	08:40 08:40 08:40 08:40 08:40
Vale Fetal (Estr Bela Vista 71) Fle Pastelaria	08:45	08:45	08:45 08:45 08:45 08:45 08:45
Vale Figueira (Estr Bela Vista) CSP	08:50	08:50	08:50 08:50 08:50 08:50 08:50

Figura 36 - Exibição dos horários de uma linha [17]

Enviar alertas

A funcionalidade de enviar alertas passa por permitir ao operador comunicar diretamente com os passageiros que circulam nas suas operações com a ajuda da Pick. Desta forma, os operadores têm a possibilidade de notificar diretamente os passageiros sempre que sucede algum tipo de ocorrência, tais como: avaria dos veículos, atrasos, problemas nas linhas ou vias de circulação.

Alerts

Alerts from inspectors

Alerts for passengers

Send alert

Select operators: All operators

Send to: Customers in transit

Problem type: Schedule

Title: Placeholder

Message: Placeholder

Affected services: Search

Effective from (optional): dd/mm/yy - Mmm

Set end date

Send Cancel

Figura 37 - Exemplo do formato de envio de alertas [17]

Os operadores devem preencher um formulário relativo ao alerta que pretendem enviar aos seus passageiros. O formulário é constituído por um conjunto de campos obrigatórios: nome

da empresa de transportes, tipo de passageiros a que se destina, tipo de problema, título, mensagem e serviços afetados. Estes campos permitem descrever a ocorrência de forma sucinta para que os passageiros percebam a sua dimensão (ver figura 37).

Exportar/visualizar dados estatísticos

Muitos dos dados que são produzidos em tempo real seguem para a secção relativa aos dados estatísticos. Nesta secção, os dados são organizados de forma a auxiliar o processo dos operadores, no que toca à elaboração de modelos ou relatórios estatísticos relativos à mobilidade que se faz sentir nas suas zonas de operação. O operador terá acesso a um painel de entrada onde se encontram expressos dados estatísticos relativos às suas operações, tais como: percentagem de bilhetes vendidos, viagens realizadas, nível de afluência nas suas paragens e, por último, afluência por género e idade referentes à compra de bilhetes. Por sua vez, o mesmo poderá visualizar relatórios que representam todas as compras de bilhetes realizadas, bem como todas as viagens efetuadas. Estes relatórios poderão ser exportados para os formatos Excel e PDF (ver figura 38).

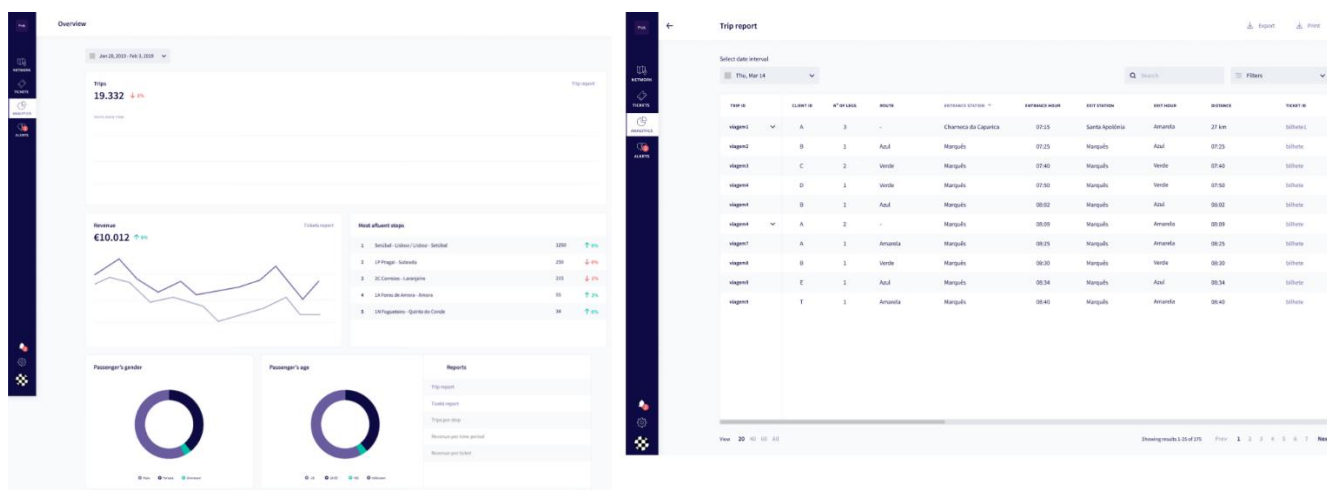


Figura 38 - Exemplo da página de acesso a dados estatísticos [17]

5.1.3 Requisitos não Funcionais

O modelo FURPS+ define os requisitos não funcionais relativos a qualquer tipo de *software*. FURPS é um acrónimo que representa um modelo para classificar atributos de qualidade de um *software*: Funcionalidade, Usabilidade, Fiabilidade, Desempenho e Compatibilidade. Sendo que, a notação “+” representada no acrónimo remete para outro tipo de requisitos não funcionais que devem ser também incluídos na respetiva análise. [99].

Segue representado o modelo FURPS+ tendo por base o presente projeto.

Usabilidade

- Se decorrer algum tipo de erro gerado no decurso de interação com a plataforma, a mesma informa do seu tipo, o porquê do mesmo ter decorrido e de que forma este pode ser ultrapassado;
- Cada funcionalidade da plataforma encontra-se explícita no que toca ao seu propósito (as descrições que caracterizam os acessos às funcionalidades da plataforma não apresentam redundâncias).

Desempenho

- O elevado nível de tráfego, no que toca ao acesso à plataforma, não deve prejudicar a sua *performance*;
- O processo de carregamento de redes de operações com grandes dimensões não deve afetar o normal desempenho do *dashboard*.

Disponibilidade

- A plataforma deve encontrar-se sempre disponível (24/7);
- Os dados de fluxo dos passageiros devem encontrar-se sempre disponíveis de serem acedidos pelos operadores;
- O sistema termina automaticamente a sessão do operador caso a plataforma fique inutilizável por um período máximo de 30 minutos.

Compatibilidade

- Disponível nos seguintes *browsers*: Google Chrome, Opera, Firefox, e Safari;
- Compatível com as seguintes gamas de ecrãs: monitores, computadores portáteis e *tablets*.

Suportabilidade

- A plataforma suporta todo o tipo de ficheiros que seguem o formato GTFS. Ou seja, qualquer empresa de transportes que contenha os dados referentes às suas operações organizados segundo o formato GTFS, pode ter acesso aos mesmos através da plataforma;
- Os idiomas suportados pela plataforma são os seguintes: Português, Inglês e Espanhol.

Fiabilidade

- As informações que não são produzidas em tempo real (rede, horários e bilhética) são provenientes dos próprios ficheiros GTFS que estas disponibilizam. Por essa mesma razão, este tipo de informação encontra-se sempre atualizada e com o esperado nível de veracidade.

Segurança

- Os dados pessoais dos utilizadores, tais como a sua *password*, são armazenados no Firebase de forma segura. A *password* segue um modelo de encriptação proveniente do próprio sistema de autenticação do Firebase. Este processo é confidencial e não se encontra disponível ao público;
- Os dados que são apresentados aos operadores sobre o fluxo de mobilidade dos passageiros, não permitem a identificação dos mesmos. Este tipo de dados são meramente direcionados à caracterização da mobilidade e não à caracterização do passageiro enquanto indivíduo.

Interoperabilidade

- Uma das funcionalidades da plataforma *web* é a de disponibilizar dados em tempo real que refletem os padrões de mobilidade dos passageiros. Este tipo de dados são produzidos através da Pick;
- De forma a ser possível a plataforma disponibilizar qualquer tipo de dados aos operadores, esta última efetua um conjunto de pedidos direcionados aos *web services* (ver secção 5.2.1) responsáveis pela sua requisição.

Restrição de implementação

- As bases de dados do tipo relacional [100] são as mais indicadas para conter as informações das empresas de transportes. Isto porque, o formato GTFS segue regras de organização de dados que apenas é atingível na sua plenitude através de bases de dados do tipo relacional.

5.2 Desenho da Solução

Esta secção tem como objetivo apresentar a forma como a solução inerente a este projeto será construída. Numa fase inicial, a mesma apresenta uma vista geral relativa à solução, passando para uma vista mais detalhada centrada no desenvolvimento. É apresentada, de seguida, uma restrição de utilização subjacente à plataforma que se considera ser de grande importância para as empresas de transportes. Por último, descrevem-se os diagramas de sequência respeitantes aos requisitos funcionais que a plataforma apresenta.

5.2.1 Vista Completa da Solução

Neste ponto, encontra-se ilustrada uma visão completa sobre o sistema que compõe a plataforma *web*. Será possível compreender-se o tipo de arquitetura onde a mesma assenta, o tipo de aplicações externas que participam na sua subsistência e respetivas interações.

Como ponto de partida, tem-se o diagrama de componentes de alto nível relativo ao projeto, seguido de uma análise centrada no mesmo. Os diagramas de componentes são responsáveis por representar o comportamento adotado pelos serviços que constituem um determinado sistema. Este último expõe de forma clara a estrutura do sistema que descreve.

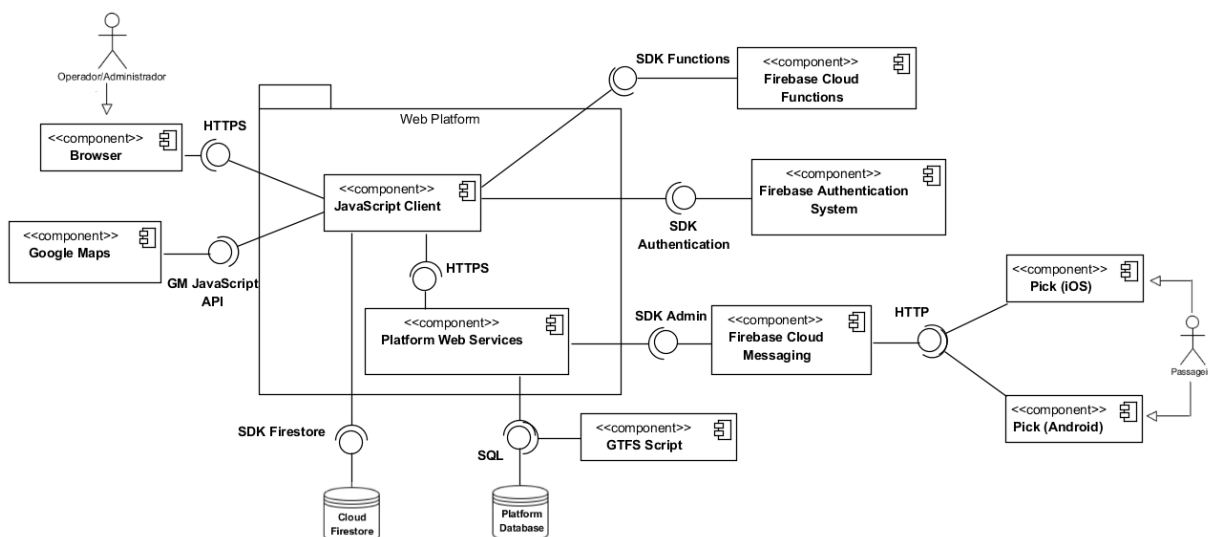


Figura 39 - Diagrama de componentes de alto nível da plataforma web

Segue uma tabela que tem como objetivo esclarecer sobre as principais características relativas a cada um dos componentes presentes no diagrama anterior.

Tabela 8 - Catálogo de elementos do diagrama de componentes de alto nível

Componente	Descrição e Propriedades Principais
Firebase Authentication System	Sistema responsável por todo o tipo de processos de autenticação que envolvam as credenciais de acesso do operador (criação de conta, <i>login/logout</i> , definição e redefinição de <i>password</i>). Este sistema rege-se pelo método de autenticação do tipo <i>email</i> e <i>password</i> .
Firebase Cloud Messaging	Serviço responsável por possibilitar o envio de alertas diretamente para os dispositivos móveis que contenham a aplicação Pick instalada. Este serviço funciona como um módulo entre o servidor e os dispositivos móveis destinados a receber o respetivo alerta.
Firebase Cloud Functions	Permite a criação de funções autónomas e de finalidade única. Estas funções respondem a eventos da <i>cloud</i> sem a necessidade de gerir um servidor ou um ambiente em tempo de execução. Permite o envio automático de qualquer tipo de <i>email</i> (boas-vindas, definição de <i>password</i> e eliminação de conta) aquando da invocação de um evento específico.
Firebase Cloud Firestore	Funciona como uma base de dados do tipo NoSQL.

Componente	Descrição e Propriedades Principais
	Responsável por armazenar os dados de identificação das empresas de transportes e operadores registrados na plataforma <i>web</i> .
GTFS Script	Responsável por popular a base de dados com informações relativas às operações das empresas de transportes. O script “lê” o ficheiro GTFS e carrega os dados diretamente para a base de dados.
Google Maps	Representa os serviços provenientes da API do Google Maps que a plataforma <i>web</i> consome. Os mapas que a plataforma <i>web</i> disponibiliza aos operadores são criados a ajuda desta API.
Pick (Android e iOS)	Ambos os componentes representam os dispositivos móveis que contêm a aplicação Pick instalada.
Platform Database	Componente responsável por armazenar toda a informação que a plataforma <i>web</i> disponibiliza aos seus operadores.
Platform Web Services	Responsável por interagir diretamente com a base de dados da plataforma. Componente que comunica diretamente com o serviço Cloud Messaging do Firebase para o envio de alertas.
JavaScript Client	Responsável por disponibilizar todo o tipo de funcionalidades que o sistema oferece. Comunica com todo o tipo de serviços do Firebase à exceção do Cloud Messaging. O operador e o administrador interagem diretamente com este componente.

5.2.2 Ambiente de Desenvolvimento

Segue uma descrição relativa ao diagrama de implantação relativo ao projeto. Este diagrama é responsável por descrever um conjunto de componentes de *hardware* e de *software*, bem como as diferentes formas de interação que os mesmos adotam. O seu principal objetivo é o de providenciar uma visão relativa à configuração e arquitetura de qualquer sistema de *software*. Podem-se representar dispositivos físicos, móveis, servidores, bem como todo o tipo de ligações estabelecidas entre os diferentes intervenientes do diagrama [101].

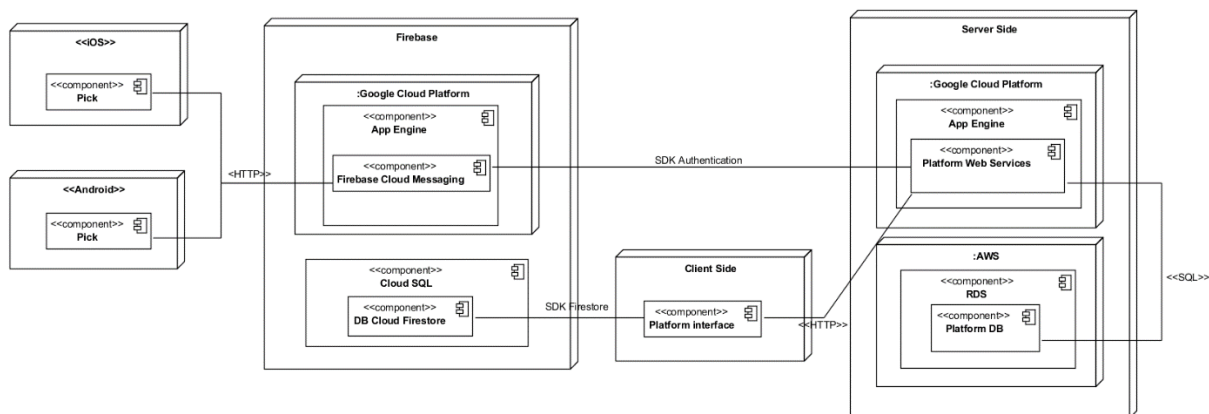


Figura 40 - Diagrama de implantação

Na figura 40 encontram-se representados os nós servidores responsáveis por conter os diferentes componentes que constituem o sistema.

A comunicação entre os dispositivos móveis e a plataforma *web* decorre através de um componente intermediário denominado, por Firebase Cloud Messaging. Este tipo de comunicações, que se estabelecem por meio de solicitações HTTP, possibilitam que se estabeleça uma ligação direta entre os operadores e os passageiros utilizadores da Pick.

A plataforma acede a dois tipos distintos de base de dados: a base de dados NoSQL proveniente do Firebase (DB Cloud Firestore) e em seguida tem-se a base de dados responsável por disponibilizar todo o tipo de dados que constituem a plataforma (*Platform DB*). A Cloud Firestore permite uma comunicação por intermédio de um SDK específico, de forma a ser possível interagir com a mesma. Já a comunicação com a base de dados hospedada no servidor Amazon Web Services (AWS) decorre por meio de *queries* do tipo SQL.

A nível de servidores de hospedagem tem-se dois principais: AWS e Google Cloud Platform (GCP). O responsável por hospedar a plataforma *web* é conhecido por GCP, cujo processo de hospedagem se estabelece através do serviço *App Engine* proveniente desta mesma plataforma. No entanto, a base de dados da aplicação reside no servidor da Amazon, por meio do serviço Relational Database Service (RDS).

5.2.3 Restrição de Utilização

De modo a ser possível importar para a plataforma *web* toda a rede e operações subjacente a qualquer empresa de transportes, é necessária a existência de um ficheiro que segue o formato GTFS (ver secção 3.3.2). Este tipo de formato de ficheiro é responsável por conter informações que caracterizam as empresas de transportes. Sem a existência do mesmo não será possível que a plataforma consiga disponibilizar dados relativos às empresas de transportes, tais como: rede, bilhética e horários.

Por esta mesma razão, as empresas terão que possuir um ficheiro deste tipo que deverá encontrar-se atualizado. O ficheiro deverá encontrar-se disponível ao público ou ser facultado diretamente às entidades que pretendem ter acesso ao mesmo.

5.2.4 Diagramas de Sequência

Os diagramas de sequência são responsáveis por descrever as interações que decorrem entre diferentes objetos de uma forma sequencial. Estes diagramas são fundamentais na compreensão do modo como um determinado negócio funciona, pois representam a forma como os objetos de negócio relativos a um determinado sistema interagem entre si [102].

Segue um primeiro diagrama de sequência que representa o processo de registo de um determinado operador na plataforma *web* através do respetivo *email* e *password*.

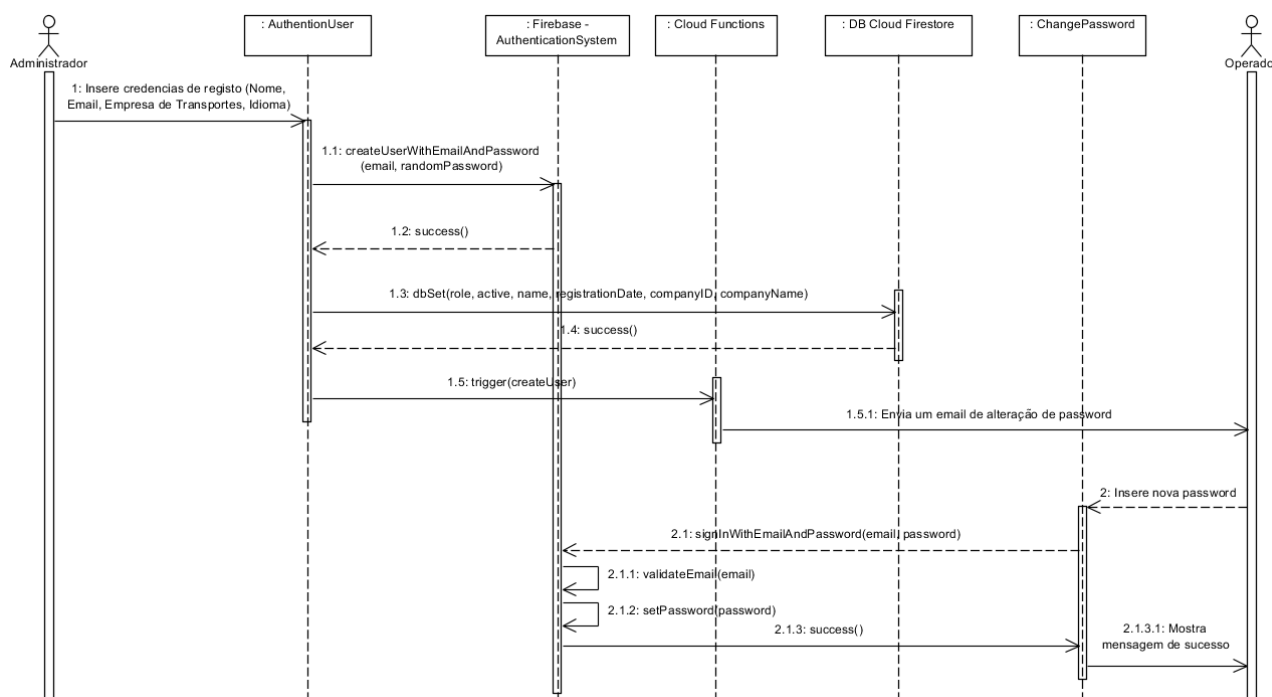


Figura 41 - Diagrama de sequência (Registar Operador)

A figura 41 representa o fluxo relativo ao processo de registo de um determinado operador na plataforma *web*. A entidade denominada por administrador (responsável por gerir a plataforma) insere o respetivo *email* do operador em causa, bem como o nome da empresa de transportes a que o mesmo se encontra associado, o nome do próprio operador e, por fim, o idioma cujos *emails* de comunicação devem seguir.

A definição de uma *password* por parte do operador, rege-se por um processo de autenticação que se estabelece por intermédio de um *email* de boas-vindas (ver figura 42).

Olá [REDACTED]

A equipa do Pick Hub convidou-o a fazer parte da conta Pick Hub de [REDACTED]
 Clique no link a seguir para definir a sua senha e entrar.

[https://\[REDACTED\]/Pick-Hub/change-password.php?email=\[REDACTED\]](https://[REDACTED]/Pick-Hub/change-password.php?email=[REDACTED])

Bem-vindo ao Pick Hub.

Obrigado,
 A sua equipa Pick Hub

Figura 42 - Exemplo de um *email* de boas vindas e link de definição de *password*

Este *email* tem como propósito dar as boas-vindas ao novo operador no sistema, e possibilitar que o mesmo defina a sua *password*. De modo a ser possível enviar este tipo de *emails* automaticamente, recorreu-se às Cloud Functions do Firebase, que permitem a execução de uma dada tarefa quando um determinado evento é desencadeado. O processo de envio do respetivo *email* é da responsabilidade do módulo desenvolvido para a linguagem de programação Node.js, conhecido por *Nodemailer*, que se comporta como um serviço de envio de *emails*.

No que toca ao operador, este deve abrir o *link* de alteração de *password* que segue no *email* de boas-vindas e proceder com a respetiva alteração e confirmação da sua *password*. Caso o processo se desenvolva com o devido sucesso, este último é reencaminhado para a página de *login* da plataforma *web* onde deverá colocar as suas novas credenciais. Assim, o operador passa a constar na Cloud Firestore como utilizador da plataforma.

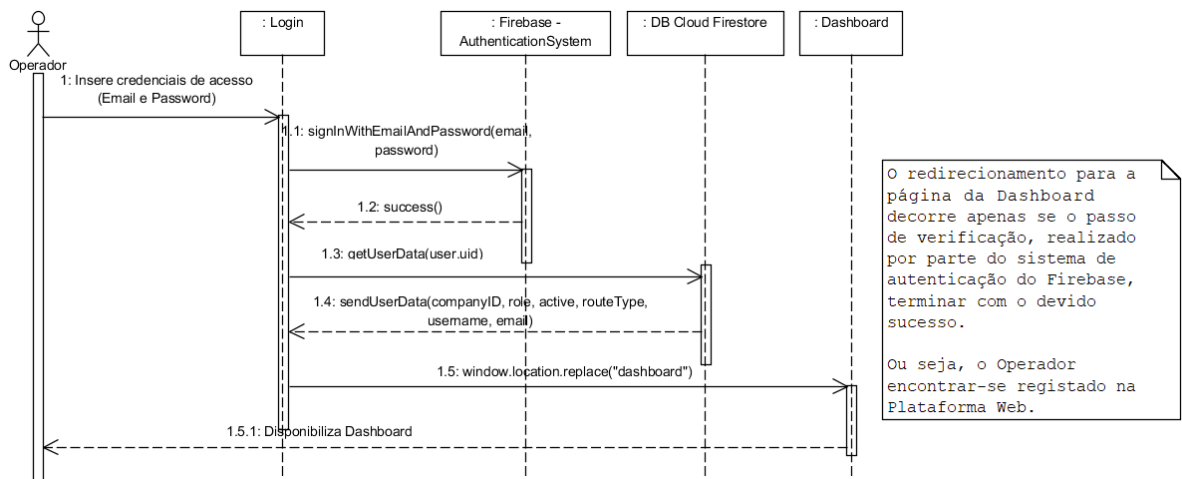


Figura 43 - Diagrama de sequência (*Login*)

A figura 43 representa o fluxo de *login* e primeiro contacto com a plataforma *web*. Depois de o operador inserir as suas credenciais de acesso (*email* e *password*) na página de *login*, são desencadeados um conjunto de mecanismos de segurança.

Começa-se pela verificação dos dados inseridos. Recorre-se ao sistema de autenticação do Firebase, conhecido por Authentication System, de modo a verificar-se se o respetivo operador se encontra registado na plataforma. Sendo que o operador apenas pode aceder à plataforma se os seus dados tiverem sido armazenados na Cloud Firestore. Caso a verificação termine com o devido sucesso, segue-se com a preparação do *dashboard*.

Sempre que o operador termina a sua sessão na plataforma (*logout*) este é registado no sistema de autenticação do Firebase como tendo sido a sua última sessão. O processo de *logout* é semelhante ao de *login* no que toca ao procedimento que decorre no sistema de autenticação do Firebase, apenas se diferencia no tipo de pedido direccionado ao respetivo sistema, *signOut(user.uid)*.

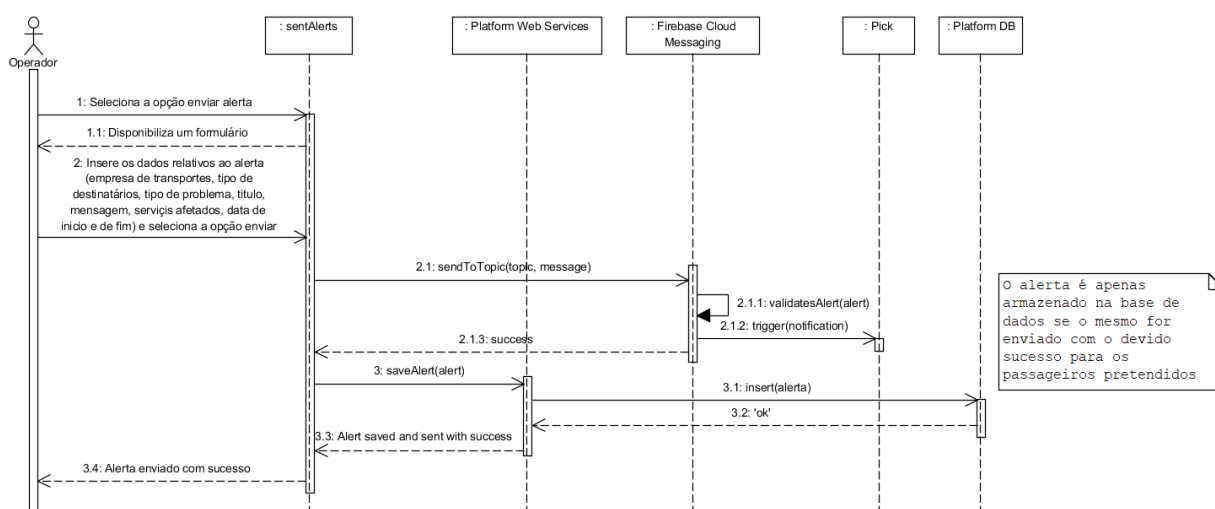


Figura 44 - Diagrama de sequência (Enviar Alertas)

O diagrama de sequência representado na figura 44 demonstra a forma como os operadores comunicam diretamente com os passageiros.

Sempre que um operador necessita de reportar qualquer tipo de ocorrência relativa às suas operações (atrasos, mudanças de veículo, linhas bloqueadas, entre outros), este pode fazê-lo através da opção “Enviar alerta”. De forma a ser possível enviar o alerta é necessário preencher alguns campos obrigatórios, tais como: nome da empresa de transportes, tipo de passageiros a que o alerta se destina, tipo de problema, título, mensagem e serviços afetados.

Posteriormente, o alerta elaborado é enviado para o serviço Firebase Cloud Messaging responsável por fazer chegar o respetivo alerta até aos passageiros. Caso o alerta se encontre válido este serviço notifica do seu sucesso e procede-se com o envio do mesmo até aos sistemas registados para o respetivo tópico (ver secção 6.2.4). Por sua vez, o componente *Platform Web Services* segue com o armazenamento do alerta na base de dados da plataforma para sua posterior visualização.

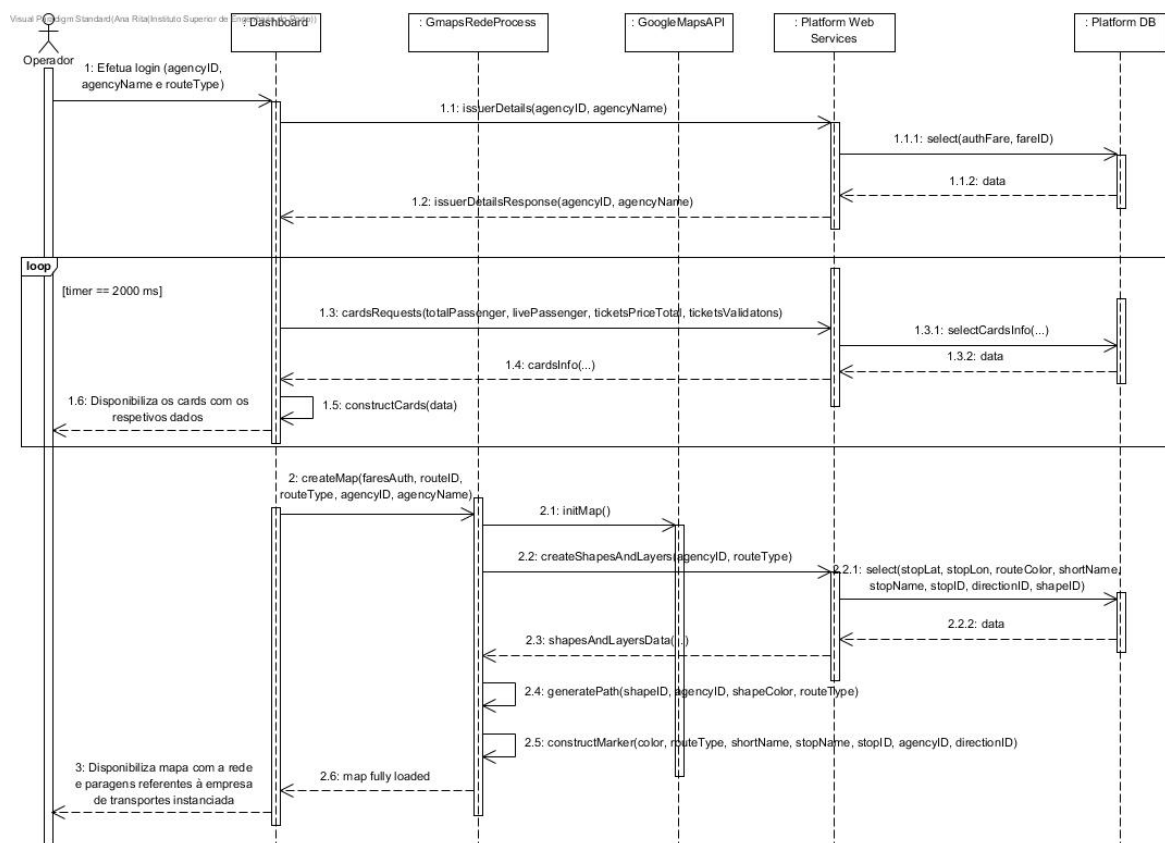


Figura 45 - Diagrama de sequência (Visualizar Dados em Tempo Real)

A figura 45 representa o diagrama de sequência relativo aos dados produzidos em tempo real que são apresentados no *dashboard* do operador. O diagrama representa também a criação do mapa responsável por ilustrar a rede de operações da empresa de transportes em questão.

Numa primeira fase, tem-se uma verificação relativa à entidade (*issuer*) responsável pela receita dos bilhetes associados às empresas instanciadas na plataforma. Caso o responsável seja a empresa em questão, a mesma terá acesso à receita gerada pelos bilhetes, caso contrário a informação relativa à receita não será inserida no *dashboard*. Os restantes dados (número de passageiros em viagem, total de passageiros, número de validações), que são apresentados em tempo real, não sofrem este tipo de restrição (ver figura 46).

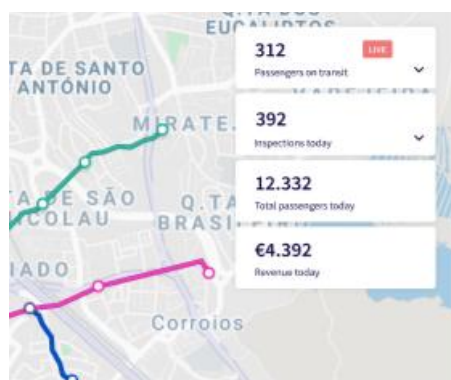


Figura 46 - Cartões relativos aos dados de mobilidade produzidos em tempo real [17]

No entanto, estes dados são apenas atualizados se os passageiros se encontrarem a circular nas zonas de operações respeitantes às empresas de transportes dos operadores que fazem uso da plataforma. Ou seja, os mesmos não têm acesso aos dados de circulação subjacentes a outras empresas de transportes.

De forma a ser possível atualizar de uma maneira constante os dados que são produzidos em tempo real, recorreu-se a uma função denominada por *setTimeout*, nativa da linguagem de programação JavaScript. Esta efetua pedidos de x em x segundos, sendo que o tempo de execução desta função é definido pelo próprio programador. Neste caso, em particular, a função *setTimeout* encontra-se definida para despoletar os pedidos a cada 2000 ms.

Passando para o processo relativo ao carregamento do mapa que reflete as operações subjacentes às empresas de transportes associadas ao operador em questão, torna-se importante salientar os seguintes pontos:

- Os serviços da API do Google Maps, que são utilizados para construir o mapa e toda a interação que deriva do mesmo, são os seguintes: *Polyline* (representa as rotas), *Marker* (representa as paragens), *InfoBubble* (representa o balão de informação inerente a cada paragem) e *initMap* (responsável por instanciar o próprio mapa) (ver secção 6.1);

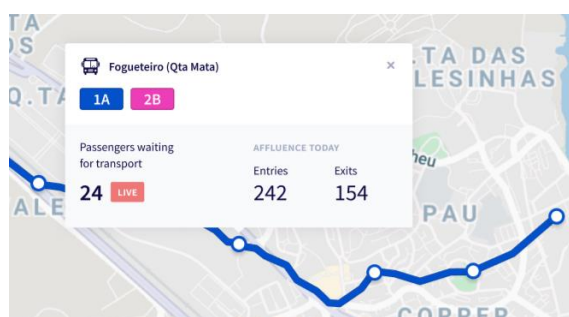


Figura 47 - Exemplo de um Marker, Polyline e InfoBubble [17]

- Para que se consiga desenhar as rotas e paragens associadas a uma determinada empresa de transportes, é necessário ter-se acesso a um conjunto de informações organizadas segundo o formato GTFS (latitude, longitude, cor, nome, identificador e direção). Este tipo de informações, referentes às operações das empresas de transportes, encontram-se disponíveis na base de dados da plataforma.

Se o processo terminar com o devido sucesso, a rede de operações da empresa de transportes é carregada para o mapa e os cartões relativos aos dados de mobilidade são disponibilizados ao operador através do seu *dashboard*.

Relativamente ao caso de uso Visualizar/Exportar Dados Estatísticos, os mesmos têm origem neste tipo de dados que são disponibilizados em tempo real. O operador seleciona a opção “Análises”, disponível na plataforma, tendo posteriormente acesso a um conjunto de dados organizados através de métricas estatísticas e relatórios que representam as viagens realizadas e os bilhetes comprados. Posteriormente, o operador tem a possibilidade de exportar estes mesmos dados para dois formatos distintos: Excel e PDF.

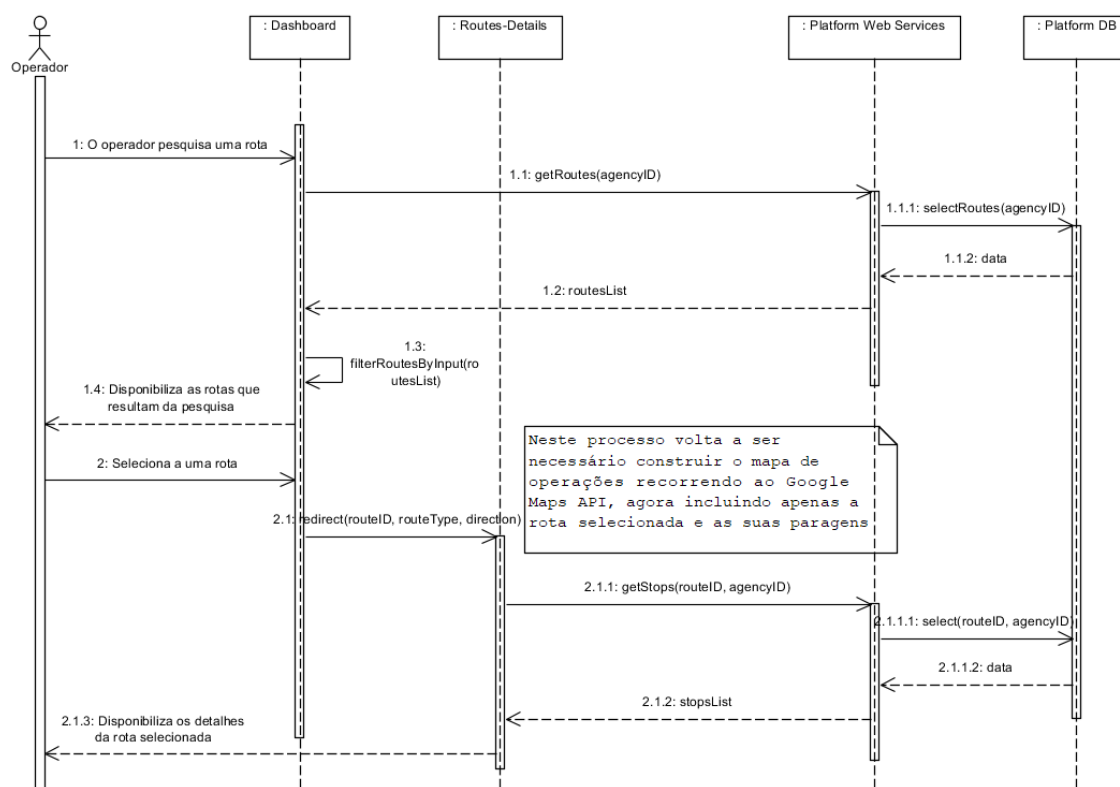


Figura 48 - Diagrama de sequência (Visualizar Detalhes de Rotas)

O diagrama da figura 48 representa o fluxo de ações que decorre quando um operador pretende aceder aos detalhes de uma rota.

Existem três formas de o operador aceder aos detalhes de uma rota: através da barra de pesquisa, através da seleção da rota no mapa do dashboar e, por último, através da seleção de

uma rota presente nos detalhes de uma paragem. Visto que o acesso aos detalhes de uma dada rota depende de um conjunto de processos similares, optou-se pela descrição do acesso ao detalhe de uma rota através da barra de pesquisa, pois este é o processo mais complexo.

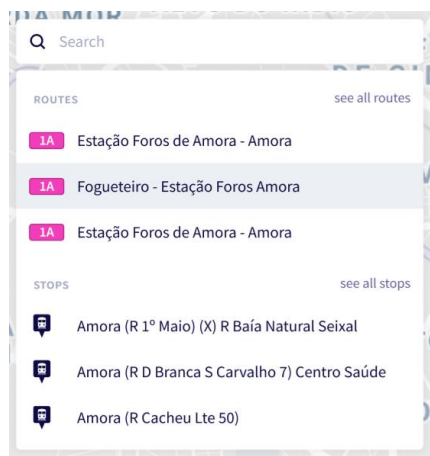


Figura 49 - Barra de pesquisa de rotas e paragens (*dashboard*) [17]

Na figura 49 encontra-se representado o tipo de resultados a que o operador tem acesso quando selecciona a barra de pesquisa. Após o operador pesquisar a sua rota e proceder com a seleção da mesma é despoletado o mesmo mecanismo representado no diagrama de visualização de dados em tempo real (ver figura 45). Mais uma vez é necessário contruir o mapa de operações mas desta vez apenas com a rota seleccionada e respetivas paragens. Deste modo o pedido que se destina aos *Platform Web Services* para a construção deste mapa é diferente do pedido para a construção do mapa no *dashboard*, pois para o mapa de detalhes é necessário especificar o ID da rota e a sua direção.

Um outro aspeto relativo ao processo de acesso aos detalhes de qualquer rota é o facto de ser necessário requisitar um conjunto de informações que devem ser apresentadas de forma a caracterizar a rota em questão. São requisitados ao elemento *Platform Web Services* os seguintes dados: nome completo da rota, meio de transporte, lista de direções possíveis, níveis de acesso e lista de paragens.

É de salientar que o processo de acesso aos detalhes de uma paragem é idêntico ao das rotas, sendo que apenas difere no facto de numa situação o processo ser orientado às rotas e no outro às paragens.

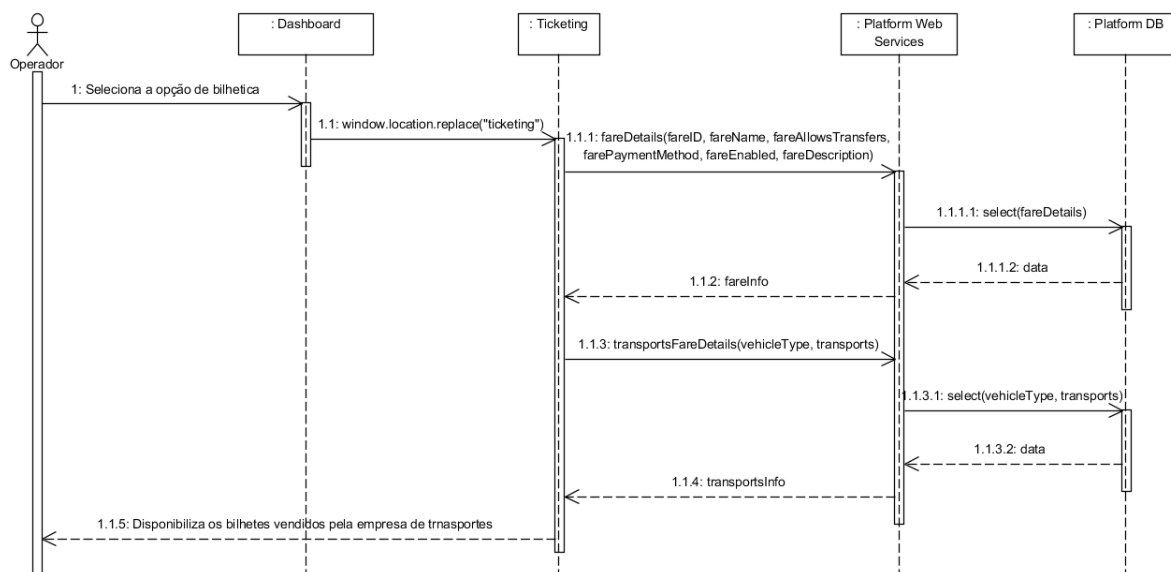


Figura 50 - Diagrama de sequência (Visualizar Bilhética)

Na figura 50 encontra-se expresso o fluxo de ações que decorre quando se pretende aceder à bilhética relativa a uma determinada empresa de transportes. Este é um processo simples que implica a requisição de informações relativas aos campos responsáveis por armazenar os dados que refletem a bilhética.

Primeiro requisitam-se os elementos relativos aos nomes dos bilhetes, tipo de viagem que estes possibilitam, o seu número de viagens e, por fim, os transportes que os mesmos abrangem. Posteriormente, o operador pode selecionar um bilhete em específico e ter acesso a informações detalhadas relativas ao mesmo, tais como: preço, estrutura do tarifário, se o este se encontra ativo ou não, descrição, e algumas características (tipo de transporte, empresas de transportes que permitem a circulação com o bilhete em causa, número de viagens, se permite *transfers* e, se sim, qual o seu número limite).

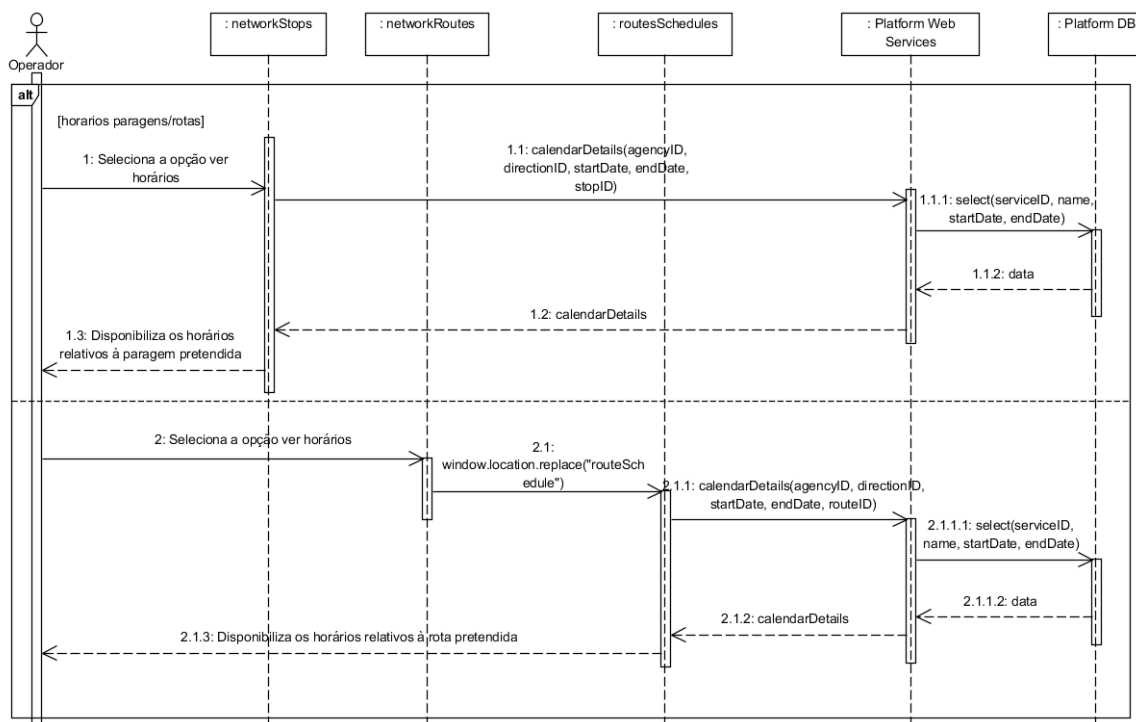


Figura 51 - Diagrama de sequência (Visualizar horários de paragens/rotas)

O diagrama representado na figura 51, reflete o processo relativo à visualização de horários, quer de uma paragem em particular, quer de uma rota.

Este é um processo bastante similar ao processo de visualizar horários. É necessário requisitar dados provenientes das tabelas “Calendar” disponíveis na base de dados, que são responsáveis por conter a informação relativa aos horários. O acesso a esta funcionalidade é possível através dos detalhes das rotas ou paragens, ou seja, caso o operador queira aceder a um horário de uma paragem deve primeiro aceder aos detalhes dessa mesma paragem.

6 Implementação da Solução

Este capítulo é responsável por descrever as técnicas e processos de desenvolvimento utilizados para implementar a solução de *software* deste projeto. Serão apresentados os pontos de desenvolvimento mais importantes e, serão também descritos, os serviços externos utilizados e que se consideram ser de grande relevância para o projeto. Para alguns dos pontos será justificada a razão pela qual se optou por certas ferramentas, serviços e tipos de arquiteturas.

O capítulo começa por descrever alguns dos serviços externos que contribuíram para o desenvolvimento da solução, segue para uma explicação dirigida à camada de dados relativa ao projeto e, por último, tem-se uma descrição que visa explicar o processo de implementação de algumas das funcionalidades mais importantes que a plataforma *web* disponibiliza.

6.1 Componentes do Google Maps

A API do Google Maps, mais propriamente a JavaScript Maps API, integra este projeto e é responsável por possibilitar a disponibilização dos mapas de operações inerentes às empresas de transportes. Como já foi analisado anteriormente, esta é uma ferramenta de mapeamento *online* bastante poderosa no contexto em que se insere (ver secção 4.4).

Nesta secção, serão apresentados, de forma sequencial, o tipo de bibliotecas que foram utilizadas, bem como o nível de configurações necessárias de ser implementadas, de forma a ter-se acesso a todo o tipo de serviços que esta API disponibiliza. Quando necessário, serão também expostos exemplos da forma como estes serviços se refletem na plataforma *web*.

6.1.1 JavaScript Maps API

De forma a ser possível ter-se acesso aos serviços que a JavaScript Maps API disponibiliza é necessário adicionar uma *tag* `<script>`. Esta *tag* é responsável por validar o projeto em causa no que toca à requisição dos serviços provenientes da API. Se a mesma não se encontrar definida no ficheiro responsável por instanciar os serviços desta API, então estes não poderão ser requisitados.

```
<script async defer  
  src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=YOUR_API_KEY&callback=initMap">  
</script>
```

Figura 52 - Script tag para inserir a JavaScript API Key [55]

Como se pode verificar através da figura anterior, é necessário substituir a referência, "YOUR_API_KEY" por uma *key*. Esta é a *key* de ativação dos serviços da API e que pode ser

obtida através da própria plataforma do Google Maps. No entanto, a sua obtenção é apenas possível, após serem concluídos um conjunto de passos obrigatórios.



Figura 53 - Requisitos de obtenção de uma Google Maps API Key [55]

Como se pode verificar através da figura 53, é necessário que se opte por um tipo de produto. Para o projeto em questão, o produto pretendido deve ser o que contém a JavaScript Maps API, ou seja, a primeira opção. De seguida, deve ser inserido o projeto que se pretende que tenha acesso aos serviços do produto Maps. Por fim, tem-se a configuração de pagamento que tem por base um conjunto de informações relativas ao tipo de pagamento a ser efetuado. Para finalizar este processo, é necessário inserir o tipo de pagamento pretendido, isto porque este é agora um serviço pago que numa fase inicial disponibiliza 265€ nos primeiros 12 meses de utilização.

Depois de obtida a respetiva *key*, segue-se para a criação do mapa e seus componentes.

```
function initMap() {  
  map = new google.maps.Map(document.getElementById('map-results'), {  
    gestureHandling: 'greedy',  
    streetViewControl: false,  
    fullscreenControl: false,  
    mapTypeControl: false,  
    zoomControl: false,  
    styles: MAP_STYLE  
  });  
  infoBubble = new InfoBubble();  
  bounds = new google.maps.LatLngBounds();  
  google.maps.event.addListenerOnce(map, 'idle', createRoute);  
  google.maps.event.addListenerOnce(map, 'idle', createMarkersRoutes);  
}
```

Figura 54 - Função *initMap* de instanciação dos componentes do mapa

A função “*initMap*”, representada na figura anterior, é responsável pela instanciação de qualquer mapa do Google Maps na *web*. É neste construtor que devem seguir todos os detalhes e todo o tipo de personalização que se pretende que seja aplicada sobre o respetivo mapa. Inicialmente, deve ser passado o elemento responsável por conter este último, “*map-results*” e posteriormente devem ser passados os atributos que se pretende que o mapa exponha.

Instanciam-se, também, um conjunto de serviços e funções que são responsáveis por “dar vida ao mapa”. Tem-se a instanciação da *infobubble*, que será abordada em mais detalhe, mas que, de uma forma resumida, é responsável por disponibilizar, num formato de *tooltip*, as informações e dados em tempo real subjacentes a uma determinada paragem. O objeto *bounds* possibilita o enquadramento no mapa da respetiva rede de operações que se pretende que seja disponibilizada. Por último, as funções “*createRoutes*” e “*createMarkers*” são utilizadas para a criação de rotas e de paragens, respetivamente. No entanto, estas últimas não dependem unicamente de serviços do Google Maps, mas dependem também de um conjunto de informações que se encontram presentes na base de dados da plataforma.

6.1.2 Polylines

A plataforma do Google Maps disponibiliza um conjunto de opções simples que permitem adicionar formas sobre os seus mapas. O serviço responsável por possibilitar este tipo de interação com os mapas denomina-se por *shapes*. As *shapes* são um conjunto de formas geométricas que podem ser desenhadas nos mapas. Sendo que existem vários tipos de *shapes*: *polylines*, polígonos e círculos. As *polylines* serão o tipo de *shapes* a ser abordado, pois estas são o único tipo que integra a solução deste projeto.

As *Polylines* são um tipo de objeto que a API do Google Maps disponibiliza e que permitem a construção de rotas nos mapas. As rotas são construídas através da ligação de pontos (latitude e longitude) que descrevem a própria rota. As *Polylines* foram responsáveis por possibilitar o desenho das rotas presentes nas redes de operações das empresas de transportes, em todos os mapas que são disponibilizados pela plataforma *web* (ver figura 55). É importante referir, que este é o tipo de informação presente nos ficheiros GTFS respeitante às empresas de transportes.

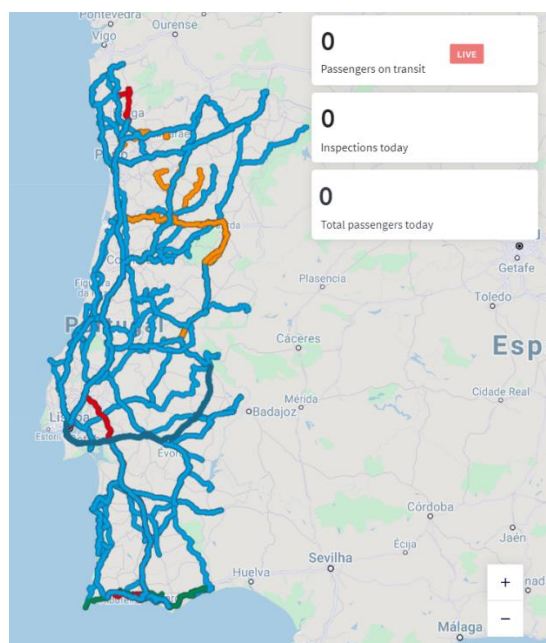


Figura 55 - Mapa de operações da Rede Expressos refletido no *Dashboard* da plataforma web [17]

As *polylines* podem ser personalizadas, ainda que o nível de personalização não seja muito elevado. É possível inserir uma cor e alterar a espessura das próprias linhas que delimitam a *polyline*. As cores permitem distinguir o tipo de rota expressa no mapa pois, por norma, as rotas das empresas de transportes têm associada a sua cor que caracteriza a própria linha.

Quanto ao tipo de informação relativa às coordenadas das rotas que se encontra presente na base de dados, a mesma segue um formato de coordenadas expressas em latitude e longitude. De forma a ser possível ultrapassar o processamento deste grande conjunto de dados recorreu-se à codificação das próprias *polylines*. Deste modo, um conjunto de coordenadas pode ser compactado numa única *string* codificada.

```
var poly = datapoly.documentElement.getElementsByTagName('coordinates');

var path = [];
for (var i = 0; i < poly.length; i++) {
    path.push(new google.maps.LatLng(poly[i].getAttribute("lat"), poly[i].getAttribute("lng")));
}
var encodeString = google.maps.geometry.encoding.encodePath(path).replace(/\\V/g, '\\\\\\\\');
dbEncodedPolyline(encodeString, shapeId, agencyId);
```

Figura 56 - Código de criação de uma *polyline*

O processo de codificação de uma *polyline* é realizado através de um algoritmo de compactação ("*encodePath*") que permite armazenar um conjunto de coordenadas numa única cadeia de caracteres. Este mesmo processo tem um peso importante relativamente ao projeto. O facto de ser possível aglomerar um grande conjunto de coordenadas e transcrever as mesmas para uma única *string* torna todo o processo de requisição deste tipo de dados, menos pesado para o sistema.

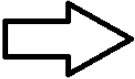
<pre> Points (lat,lon): (-37.8075,144.9709), (-37.8076,144.9713), (-37.8076,144.9715), (-37.8078,144.9719), (-37.8079,144.9728), (-37.8079,144.9732), (-37.8091,144.973), (-37.8107,144.9727), (-37.8115,144.9731), (-37.8153,144.9749), (-37.8155,144.9742) </pre>		<pre> Encoded Polyline: xgweFcsysZToA?g@f@oAPsD?oApFf@ Hz@`DmAvViJf@jC </pre>
---	---	---

Figura 57 - Exemplo de uma *polyline* codificada

Como se pode constatar através da figura 57, que reflete o produto final de um processo de codificação de uma *polyline*, verifica-se que a compactação de informação pode atingir dimensões consideráveis. Com a ajuda deste processo de codificação de *polylines*, ao invés de ser necessária a recolha de um elevado número de linhas que contêm a latitude e longitude das rotas a serem desenhadas, é apenas requisitada uma única *string*.

6.1.3 Criar e Personalizar Marcadores

Os marcadores, no contexto dos mapas da Google, servem para facilitar o processo de procura de qualquer tipo de componente no mapa. Isto porque, os mapas são extensos e apresentam um grande conjunto de informações que podem tornar mais difícil a tarefa de encontrar posições, locais, ou serviços específicos no respetivo mapa. Por esta mesma razão, os marcadores, apresentam como característica principal o atributo denominado por “*position*”.

```

var marker = new google.maps.Marker({
  color: markerType.getAttribute('color'),
  shortName: markerType.getAttribute('shortName'),
  directionID: markerType.getAttribute('direction_id'),
  position: new google.maps.LatLng(markerType.getAttribute('lat'),markerType.getAttribute('lng'))
});

```

Figura 58 - Exemplo da construção de um marcador

Como se pode verificar através da análise da figura 58, este atributo inclui as propriedades latitude e longitude, que descrevem um objeto literal. O objeto `LatLng` é responsável por permitir que o marcador em causa seja renderizado com a devida precisão em relação ao mapa onde deverá ser apresentado.

```

marker.setIcon({
  path: PATH_ICON,
  strokeColor: $.xcolor.average("#"+marker.color, COLOR_BLACK).toString(),
  fillColor: COLOR_WHITE,
  fillOpacity: OPACITY_LEVEL
});

```

Figura 59 - Exemplo de personalização de um marcador

No contexto deste projeto, os marcadores servem para marcar no mapa a posição específica das paragens que fazem parte das operações das empresas de transportes. Os respetivos marcadores encontram-se personalizados, tanto no *dashboard* como nos detalhes de uma

paragem/rota (ver figura 59). No caso do *dashboard* e dos detalhes das rotas, o seu formato é o de um círculo e a sua cor de preenchimento é alterada de acordo com a interação que lhe é aplicada. Já a cor que o delimita, é um fator dependente da cor da linha que contém a paragem em causa.

No que toca aos detalhes de uma paragem, a personalização dos marcadores é um pouco distinta. A paragem selecionada para uma visualização em detalhe adquire um *pin* de localização que permite diferenciar uma determinada paragem de todas as restantes presentes no mapa (ver figura 60).

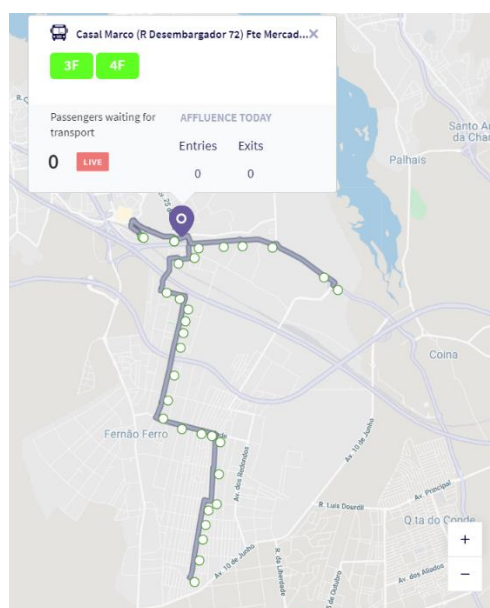


Figura 60 - Linhas da Fertagus que cruzam a paragem Casal Marco ilustradas na plataforma web [17]

Como se pode verificar, através da figura 60, existe também a possibilidade de se conseguir ter acesso a algumas informações que são produzidas em tempo real (passageiros à espera de transporte, número de entradas e saídas) e detalhes sobre a própria paragem (nome da paragem e caracterização por cor e nome das linhas cruzam a mesma).

```
infoBubble = new InfoBubble({
  id: marker.id,
  disableAnimation: true,
  backgroundColor: BUBBLE_COLOR,
  disableAutoPan: true,
  hideCloseButton: true
});

infoBubble.setContent(infowindowContent);
infoBubble.open(map, marker);
```

Figura 61 - Exemplo da construção e inserção de uma *InfoBubble*

De forma a ser possível a disponibilização deste tipo de informação, recorreu-se a uma biblioteca, conhecida por *infobubble* para a construção desta *tooltip* (ver figura 61). Este é um serviço do Google Maps que surge por intermédio da biblioteca *infowindow*. Sendo que,

comparativamente com a *infowindow*, a *infobubble* é mais flexível relativamente ao nível de personalização que pode ser aplicado sobre as respetivas *tooltips*.

6.2 Serviços do Firebase utilizados

Nesta secção serão descritos todos os serviços do Firebase que foram utilizados para o desenvolvimento da solução inerente ao projeto.

O Firebase fornece um grande conjunto de serviços e ferramentas que facilitam o processo de desenvolvimento de qualquer tipo de aplicação, quer seja móvel ou *web*. Algumas destas ferramentas permitem que os programadores se abstraiam do desenvolvimento subjacente ao servidor e se concentrem apenas no desenvolvimento das *interfaces* gráficas, de forma a proporcionar uma melhor experiência aos seus utilizadores.



Figura 62 - Lista de serviços que o Firebase disponibiliza [50]

Na figura anterior encontram-se agrupados, por categoria, todos os serviços e ferramentas que o Firebase disponibiliza. No entanto, serão apenas abordados aqueles que integram a solução relativa ao projeto: Cloud Firestore, Authentication (Authentication System), Cloud Functions e, por último, Cloud Messaging. Para cada um dos serviços, serão destacadas as associações com o projeto de forma a ser possível compreender qual o tipo de contribuição que estes mesmos serviços prestam.

6.2.1 Cloud Firestore

O serviço Cloud Firestore é uma base de dados do tipo NoSQL que apresenta algumas particularidades no que toca à estrutura e organização dos seus conjuntos de dados. Sendo que estes últimos se encontram divididos por coleções e documentos ao invés de nós.

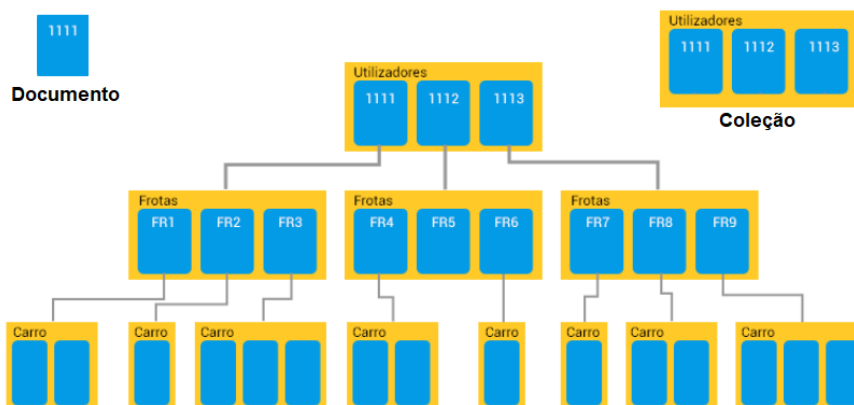


Figura 63 - Estrutura do Cloud Firestore [103]

Como se pode verificar, através da figura 63, existem dois tipos de elementos na constituição do Firestore que são, nomeadamente, as coleções e os documentos. Os documentos são objetos que contêm um conjunto de valores e respetivas *keys*. As coleções representam um conjunto de documentos. É de salientar que, no que toca a regras de estruturação, as coleções não podem conter outras coleções e os documentos não podem conter outros documentos. Deste modo, uma coleção só pode conter documentos e os documentos só podem conter subcoleções.

O Cloud Firestore é um dos componentes que integra a solução deste projeto e é responsável pela gestão e armazenamento dos utilizadores e das empresas de transportes que participam na plataforma. Quando se pretende registar um operador no sistema, o mesmo deve ficar associado a uma empresa de transportes. Desta forma, é necessário que exista um documento que caracterize a empresa em questão, caso contrário o mesmo deve ser criado.

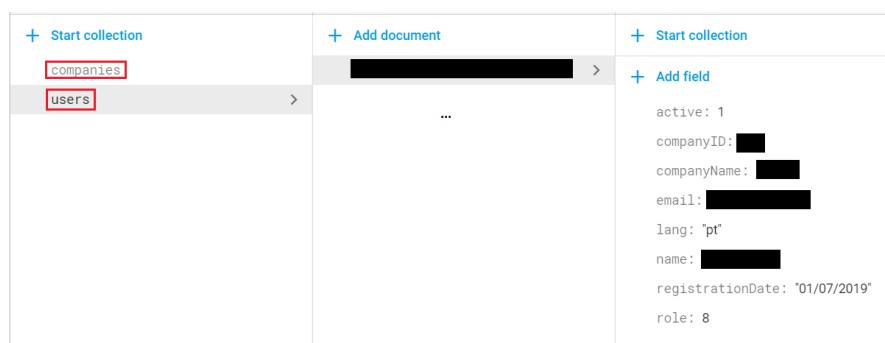


Figura 64 - Estrutura do Cloud Firestore da plataforma web [50]

A figura 64 ilustra a estrutura de organização de dados que o Cloud Firestore inerente a este projeto segue. Como se pode verificar, encontram-se criadas duas coleções, “companies” - representam as empresas de transportes, e “users” - representam os operadores utilizadores da plataforma. Para cada coleção têm-se vários documentos responsáveis por caracterizar os utilizadores e as empresas de transportes.

A comunicação com a esta base de dados estabelece-se por intermédio do Firestore SDK que é uma biblioteca cliente que possibilita que o *browser* comunique diretamente com o Firestore. O Firestore é a entidade responsável por impor qualquer tipo de protocolo de segurança e é também responsável pela sua gestão. Através deste SDK é possível realizar operações de leitura e de escrita sobre os dados que este serviço do Firebase armazena. Todo o processo de comunicação com esta base de dados define-se como sendo simplista, pois permite que não seja necessária a escrita de código do lado do servidor para se estabelecer uma comunicação direta com a mesma.

```
var db = firebase.firestore().collection("users").doc(user.uid);
var setDoc = db.set({
  role: ROLE,
  active: ACTIVE_1,
  name: name,
  language: lang,
  registrationDate: presentDate(),
  companyID: userID,
  email: email,
  companyName: username
});
```

Figura 65 - Criação de um utilizador no Cloud Firestore

Na figura 65 encontra-se representado o processo de registo de um operador no serviço Cloud Firestore. Como se pode verificar, a inserção ocorre na coleção definida como “users”, pois este é um processo de criação de um operador e não de uma empresa de transportes. Devem ser preenchidos os campos necessários e posteriormente proceder-se com a operação de escrita “*db.set*”.

6.2.2 Authentication System

A plataforma *web* implementa um tipo de autenticação que se estabelece por meio de um *email* e de uma *password*. Para o desenvolvimento deste mesmo sistema, recorreu-se a um serviço do Firebase, conhecido por Authentication System, que serve para controlar e executar este processo de registo e de *login*.

O sistema de autenticação do Firebase fornece serviços de *back-end*, SDKs simples de serem utilizados e bibliotecas de UI (*User Interface*) prontas para autenticar utilizadores nas respetivas aplicações. Este sistema contém vários métodos de autenticação: *password* e *email*, números de telefone e fornecedores de entidades federadas como a Google, Facebook, Twitter, entre outras. No entanto, apesar de existirem todas estas possibilidades de autenticação, apenas foi implementado o método que se rege através de *email* e *password*.

De modo a ser possível compreender-se como funciona todo o processo de autenticação que ocorre na plataforma, segue uma breve explicação dos passos a seguir quando se pretende que um operador seja registado na mesma.

Posto isto, quando um operador pretende registar-se e ter acesso à plataforma, o mesmo necessita de fornecer as seguintes informações:

- Nome;
- *Email*;
- Empresa de transportes a que ficará associado, sendo que, a empresa de transportes necessita de se encontrar já armazenada no Cloud Firestore;
- Idioma que os *emails* de comunicação devem seguir.

Posteriormente, é encaminhado um *email* de boas-vindas que contém um link para a definição de *password* de registo do operador. Assim, que a *password* é inserida e validada pelos métodos “*verifyPasswordResetCode*” e “*confirmPasswordReset*” do Firebase, o operador passa a se encontrar registado no sistema de autenticação inerente à plataforma.

Identifier	Providers	Created	Signed In	User UID ↑
██████████	✉	Aug 12, 2019	Aug 14, 2019	██████████

Figura 66 - Sistema de autenticação da plataforma [50]

Na figura 66 encontra-se representada a informação relativa ao utilizador registado. O “*identifier*” representa o *email* do operador, os “*Providers*” são o tipo de método de autenticação utilizado, “*Created*” representa a data de criação do utilizador no sistema, “*Signed In*” refere-se à data da última sessão registada no sistema e, por fim, “*User UID*” é o identificador que caracteriza o utilizador no próprio Authentication System e no Cloud Firestore.

Se o processo decorrer com o devido sucesso, o utilizador passa a ter acesso à plataforma *web* através das suas credenciais de acesso, *email* e *password*.

```
firebase.auth().signInWithEmailAndPassword(email, password).catch(function(error) {  
  // Handle Errors here.  
  var errorCode = error.code;  
  var errorMessage = error.message;  
  // ...  
});
```

Figura 67 - Início de sessão de um utilizador no AS do Firebase [50]

Na figura 67, encontra-se representada a função responsável pelo início de sessão de um operador no respetivo sistema de autenticação, “*signInWithEmailAndPassword*”. O Firebase disponibiliza também serviços de criação de utilizadores “*createUserWithEmailAndPassword*” e de *logout* “*signOut*”.

6.2.3 Cloud Functions

O processo de autenticação da plataforma é suportado por um conjunto de *emails* que seguem diretamente para os operadores quando determinada ação é despoletada. Os *emails* são: boas-vindas onde segue juntamente um link de criação de uma *password* e de despedida quando uma conta é eliminada.

De modo a que este processo de envio de *emails* fosse despoletado de forma automática, recorreu-se às Cloud Functions do Firebase. Este tipo de funções permitem que se estabeleça uma ligação com qualquer serviço do Firebase e podem ser acionadas quando uma determinada ação é despoletada.

Com a ajuda destas funções, que são despoletadas através de acionadores (*triggers*), é possível enviar *emails* e criar/apagar utilizadores da Cloud Firestore de forma automática. Para tal, é necessário recorrer a um serviço específico destas funções, conhecido por, Cloud Firestore Triggers. Com este serviço é possível processar eventos diretamente no Cloud Firestore.

```
exports.createUser = functions.firestore
  .document('users/{userId}')
  .onCreate((snap, context) => {
    const newValue = snap.data();
    var name = newValue['name'];
    var company = newValue['companyName'];
    var email = newValue['email'];
    var lang = newValue['lang'];
    console.log('Email', email);
    return sendPasswordDefEmail(name, company, email, lang);
  });

exports.sendDeleteAccountEmail = functions.firestore
  .document('users/{userId}')
  .onDelete((snap, context) => {
    const deletedValue = snap.data();
    var name = deletedValue['name'];
    var company = deletedValue['companyName'];
    var email = deletedValue['email'];
    var lang = deletedValue['lang'];
    console.log('Email', email);
    return sendGoodbyeEmail(email, name, company, lang);
  });
```

Figura 68 - Trigger de criação ou eliminação de um utilizador da plataforma

Na figura 68 encontram-se representadas as funções que permitem enviar um *email* relativo à criação (*onCreate*) e eliminação (*onDelete*) de um utilizador na Cloud Firestore. No entanto, estes *triggers* não possibilitam a construção e envio dos próprios *emails*, apenas despoletam esse processo de forma automática. Para se conseguir enviar os *emails*, foi necessário recorrer-se ao módulo do Node.js conhecido por NodeMailer, que permite um envio simples de *emails*.

6.2.4 Cloud Messaging

O Cloud Messaging é um serviço de mensagens entre plataformas que permite o envio fiável de notificações sem custo. Com a ajuda deste serviço é possível notificar uma aplicação cliente de que novos *emails* ou outro tipo de dados se encontram disponíveis para sincronização [50].

Este serviço é responsável pela criação de um canal de comunicação direto com os passageiros. Através do mesmo, é possível que os operadores elaborem os seus alertas na plataforma *web* e, com a ajuda deste serviço, estes alertas possam ser encaminhados para os dispositivos móveis dos passageiros, através da Pick.



Figura 69 - Processo de envio de notificações através de tópicos [104]

Na figura 69 encontra-se ilustrada a forma como todo este processo de envio de alertas decorre. Como já foi referido anteriormente, existem vários tipos de processos que podem ser utilizados para se conseguir enviar mensagens ou notificações (ver secção 3.3.3). No entanto, foi implementado o processo que tem por base a utilização de tópicos.

Este tipo de processo segue o padrão de *software* conhecido por *Publish/Subscribe* [105]. Todos os dispositivos que subscreverem certos tópicos irão receber as notificações subjacentes aos mesmos.

O alerta é elaborado pelos operadores na plataforma *web*, enviado de seguida para os *web services* e, posteriormente, o serviço de Cloud Messaging trata de encaminhar o mesmo até aos dispositivos móveis dos passageiros com total segurança [106].

```
var topic_type = 'general';

var message = {
  notification: {
    body: "Problem type => "+topicType+"\n Affected services => "+affectedServices+"\n Problem description => "+text,
    title: "Alert!"
  }
}

admin.messaging(appAudit).sendToTopic(topic_type,message).then((response) => {
  console.log('Successfully sent message:', response);
  res.json({message: "Alert saved and sent with success!"});
  callback.json({errorCode: 0})
})
.catch((error) => {
  console.log('Error sending message:', error);
  res.json({message: "An error occurred!"});
  callback.json({errorCode: error});
})
})
```

Figura 70 - Código de envio de um alerta para o tópico “general”

Na figura 70 encontra-se representado o código que torna possível o envio dos alertas relativos a um tópico em específico através dos *web services*. Estes encontram-se responsáveis por publicar o alerta, já a aplicação Pick (Android e iOS), fica encarregue de subscrever os tópicos definidos.

Para que este processo decorra com o devido sucesso, é necessário ter-se conhecimento de um conjunto de elementos que fazem parte do mesmo:

- Definição do tópico sobre o qual o alerta deverá ser publicado (*topic_type*);
- Construção do *payload* da mensagem onde deverá seguir o alerta (*message*);
- Invocação do serviço responsável pelo envio do alerta (*sendToTopic*);

6.3 Armazenamento e Processamento dos Dados das Empresas de Transportes

Os dados relativos às operações subjacentes às empresas de transportes, tais como: rede, bilhética e horários, são dados estáticos que têm origem nos ficheiros GTFS. Estes são o tipo de dados que possibilitam uma estruturação da plataforma que começa pela ilustração das operações no mapa introdutório aos operadores (*dashboard*), disponibilização dos detalhes das operações, visualização de horários por paragem/rota, e acesso ao tipo de bilhética praticada pela empresa em questão.

Sendo estes dados, uma grande parte do tipo de funcionalidades que a plataforma *web* disponibiliza, torna-se importante descrever a forma como os mesmos são adquiridos, organizados e, por fim, tratados.

6.3.1 Estruturação da Base de Dados

A base de dados inerente a este projeto segue um formato de organização de dados, conhecido por GTFS (ver secção 3.3.2). Este tipo de formato de ficheiro especifica relações de dependência, de associação e de conhecimento entre elementos de trânsito que devem ser mantidas.

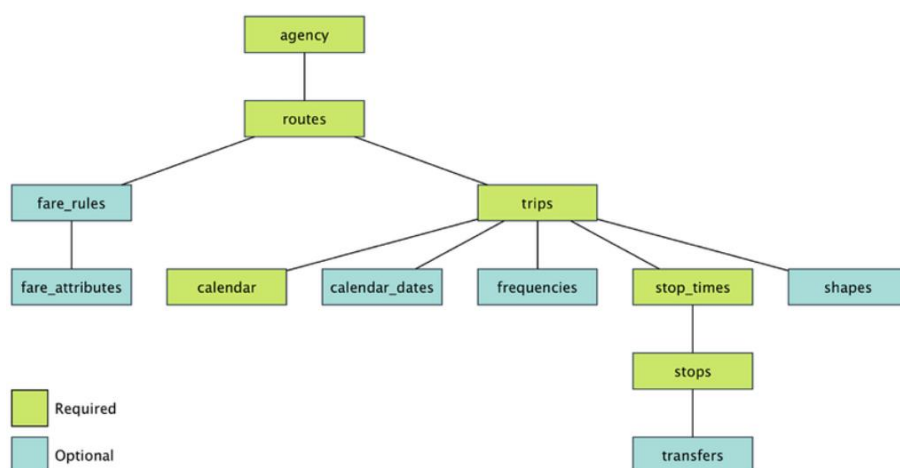


Figura 71 - Regras de estruturação do formato GTFS [107]

Na figura 71 encontram-se representadas as regras de organização dos dados que derivam do formato GTFS. Cada um dos elementos representados no diagrama anterior, correspondem a

tabelas CSV (com extensões .txt), responsáveis por conter dados que caracterizam as operações das empresas de transportes, tais como: rotas, paragens, horários, entre outros. Existe a possibilidade de se criar 13 ficheiros, sendo que 6 desses ficheiros são obrigatórios (*agency*, *routes*, *trips*, *calendar*, *stop_times*, *stops*).

A base de dados inerente a este projeto segue o formato GTFS. Ou seja, cada um dos ficheiros .txt representam uma tabela na respetiva base de dados. Já as relações que os mesmos apresentam, derivam das relações descritas pelo respetivo formato. É importante referir que a base de dados contém mais tabelas para além das existentes no formato GTFS.

No que toca à elaboração dos ficheiros .txt, que representam os elementos do diagrama anterior, existem algumas regras que os mesmos devem seguir. Cada um dos ficheiros, de forma a serem considerados válidos e serem disponibilizados ao público, por exemplo, através do Google Maps, necessita de seguir um conjunto de regras de elaboração.

agency.txt

Arquivo: **obrigatório**

Define uma ou mais agências de transporte público cujos serviços estão representados no conjunto de dados.

Nome do campo	Tipo	Obrigatório	Descrição
agency_id	Código	Obrigatório sob certas condições	Identifica uma marca de transporte público, que geralmente é igual a uma agência de transporte público. Em alguns casos, as agências e as marcas são diferentes, como quando uma única agência opera vários serviços separados. Este documento usa o termo "agência" no lugar de "marca". Um feed de transporte público pode representar dados de mais de uma agência. Este campo é obrigatório para feeds que contêm dados de várias agências. Caso contrário, ele é opcional.
agency_name	Texto	Obrigatório	Contém o nome completo da agência de transporte público.
agency_url	URL	Obrigatório	Contém o URL da agência de transporte público.
agency_timezone	Fuso horário	Obrigatório	Contém o fuso horário em que a agência de transporte público está localizada. Se várias agências são especificadas no feed, elas precisam ter o mesmo agency_timezone .
agency_lang	Código do idioma	Opcional	Especifica o idioma principal usado por esta agência de transporte público. Esta configuração ajuda os consumidores da GTFS a escolher regras para o uso de letras maiúsculas e minúsculas e outras definições específicas do idioma para o conjunto de dados.
agency_phone	Número de telefone	Opcional	Fornece um número de telefone da agência especificada. Este campo é um valor de string que exibe o número de telefone em um formato típico da área de serviço da agência. Ele pode e deve conter marcas de pontuação para agrupar os dígitos. É permitido usar texto discável, como 503-238-RIDE do TriMet, mas o campo não pode conter nenhum outro texto descritivo.
agency_fare_url	URL	Opcional	Especifica o URL de uma página da Web onde um passageiro pode comprar on-line passagens ou outros instrumentos de tarifa para a agência.
agency_email	E-mail	Opcional	Contém um endereço de e-mail válido que é monitorado ativamente pelo departamento de atendimento ao cliente da agência. Esse endereço precisa ser um ponto de contato direto onde os passageiros de transporte público possam falar com um representante de atendimento ao cliente na agência.

Figura 72 - Especificação de regras de elaboração do ficheiro agency.txt [47]

Na figura 72 encontram-se representadas as regras de elaboração subjacentes ao ficheiro *agency*. Como se pode verificar, existe um conjunto de campos que são obrigatórios de existir na tabela CSV relativa a este elemento. São também expressos os diferentes tipos que devem ser definidos, bem como a descrição de cada coluna.

Relativamente ao tipo de base de dados escolhido, optou-se pelo tipo relacional (modela os dados através de tabelas e relações precisas) pois o formato GTFS especifica ficheiros que correspondem a tabelas e as suas relações devem ser bem definidas.

6.3.2 Processo de Inserção dos Dados dos Ficheiros GTFS na Base de Dados

O processo de inserção de dados é o processo responsável por permitir que a base de dados inerente à plataforma *web* seja populada com os dados de operações das empresas de transportes. Para tal, é necessário ter-se acesso ao ficheiro GTFS relativo a uma dada empresa de transportes, sendo este último disponibilizado diretamente pela própria empresa ou disponibilizado através de *websites* para o efeito.

Este processo é realizado por intermédio de um *script* responsável por “ler” os campos do ficheiro GTFS e que posteriormente, insere as respetivas informações na base de dados da plataforma *web* por intermédio de SQL *queries*.

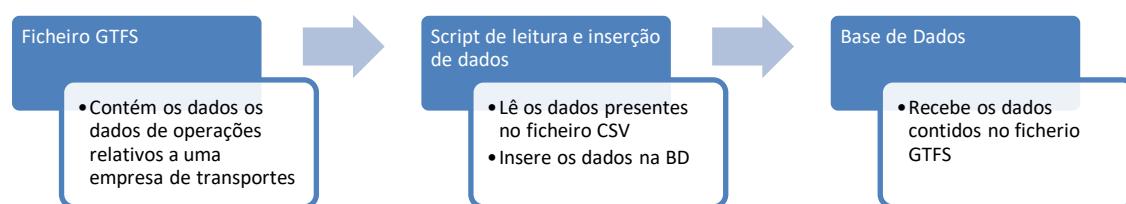


Figura 73 - Processo de importação dos dados presentes no ficheiro GTFS

Como se pode observar através da figura 73, este processo de inserção de dados é composto por três passos sequenciais que possibilitam o seu sucesso.

O primeiro passo corresponde ao próprio ficheiro GTFS. Este é o elemento responsável por agregar toda a informação necessária para ser disponibilizada pela plataforma. Todo o tipo de dados estáticos que a plataforma disponibiliza têm origem neste mesmo ficheiro.

Para que fosse possível colocar estes dados na base de dados da plataforma, de forma dinâmica, recorreu-se a um *script*. Este último, é o elemento responsável por injetar os dados, relativos aos ficheiros GTFS, diretamente nesta base de dados. Deste modo, a base de dados da plataforma passa a armazenar e organizar todas estas informações que seguem no ficheiro GTFS relativo às empresas de transportes.

Assim, através deste processo, é possível que qualquer empresa de transportes possa aceder aos dados subjacentes às suas operações através da plataforma *web*.

6.3.3 Funcionamento dos *Web Services*

O modo de funcionamento dos *web services* é um mecanismo importante nesta dinâmica que se estabelece entre os dados dos ficheiros GTFS e a plataforma web. Este é o componente que torna possível que a plataforma *web* tenha acesso a todo o tipo de dados de que necessita para construir e disponibilizar grande parte das suas funcionalidades aos operadores.

O protocolo de comunicação utilizado pelos *web services* é o protocolo conhecido por REST (Representational State Transfer). Este é um protocolo de comunicação relativamente recente que foi criado para simplificar o acesso a qualquer tipo de *web services*. Baseia-se em pedidos HTTP e permite uma comunicação através de vários formatos de dados, tais como: JSON, XML, RSS, entre outros. O formato de dados do tipo JSON é o formato utilizado para se estabelecer qualquer tipo de comunicação com estes *web services*.

O ponto central do funcionamento destes *web services*, é o protocolo de segurança que os mesmos implementam. Os pedidos que lhes são dirigidos são apenas considerados válidos se for enviado um *token* específico, gerado através do Firebase. Esta regra de segurança serve para que apenas as aplicações com serviços registados no Firebase possam fazer uso destes *web services*. Já no processamento dos pedidos, os *web services* recorrem a uma função nativa do SDK Admin (Firebase) denominada por “*verifyIdToken*” para validarem os *tokens* que seguem nos respetivos pedidos.

```
firebase.auth().onAuthStateChanged(function(user) {
  if (user) {
    try{
      firebase.auth().currentUser.getIdToken(true).then(function(idToken) {
        $.ajax({
          type: "GET",
          dataType: 'json',
          crossDomain: true,
          headers: {"x-access-token": idToken, "version": "1.1", "agencyId": "1"},
          url: "https://api.firebase.com/agency/names?agencyID="+getUrlParameters()['agencyId'],
          success: function(result){
            constructAgencyOptions(result);
          },
          error: function(XMLHttpRequest, textStatus, errorThrown) {
            alert("Error request response");
          }
        });
      }).catch(function(error) {
        // Handle error
        alert("Error user firebase");
      });
    }catch(e){
      if (e == 'ERR_EMPTY_RESPONSE') {
        alert(e);
      }
    }
  }else{
    alert("REQUEST ERROR: USER VALIDATION FAILED!");
  }
});
```

Figura 74 - Exemplo de um pedido GET

A figura 74 representa um pedido GET que se destina aos *web services*. Através da sua análise, pode-se constatar que como primeiro passo tem-se a verificação do estado do utilizador no que toca ao seu *login*. Caso o mesmo tenha a sessão iniciada na plataforma, é invocada uma função do Firebase responsável pela criação do *token* de validação, “*getIdToken*”. O mesmo deve seguir no pedido, mais propriamente nos *headers* do mesmo. Caso as funções relativas ao Firebase

(“onAuthStateChange” e “getIdToken”), bem como o próprio pedido, terminem com o devido sucesso, a resposta é processada e enviada.

6.4 Dados Dinâmicos de Mobilidade

A plataforma *web* disponibiliza aos operadores dois tipos distintos de dados: dados estáticos e dados dinâmicos. Os dados estáticos são relativos a todo o tipo de informações obtidas diretamente através dos ficheiros GTFS, já os dados dinâmicos são todo o tipo de dados que têm origem na aplicação móvel *Pick*.

Uma das principais funcionalidades que a plataforma *web* disponibiliza aos seus operadores, é a possibilidade de os mesmos terem acesso a um conjunto de dados de mobilidade que são disponibilizados em tempo real. Posto isto, torna-se importante compreender que tipo de elementos participam neste processo e de que forma é que os mesmos interagem.

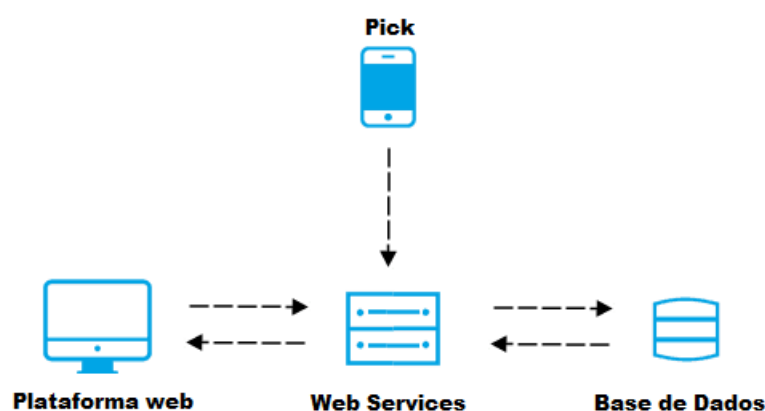


Figura 75 - Processo de criação e disponibilização de dados de mobilidade produzidos em tempo real

Como se pode verificar através da figura 75, existem quatro intervenientes neste processo. Seguem descritas as suas tarefas:

- **Pick:** Os passageiros realizam operações, como a compra de bilhetes, através da aplicação móvel *Pick*. Este tipo de ações, que é realizada pelos passageiros na aplicação, reflete o tipo de dados de mobilidade que irão ser posteriormente disponibilizados aos operadores. Deste modo, a *Pick* fica responsável por comunicar este tipo de ações aos *web services* quando as mesmas são despoletadas pelos passageiros.
- **Web Services:** Assim que a informação relativa ao tipo de operações que os passageiros realizam na *Pick* chega aos *web services*, os mesmos seguem com a sua inserção na base de dados. Por sua vez, os dados deverão ser requisitados pela plataforma *web*, de modo a poderem ser disponibilizados de forma instantânea aos operadores;

- **Base de Dados:** A base de dados permite que as informações sejam organizadas por tabelas que referenciam o seu tipo. Desta forma, a sua consulta torna-se mais simples;
- **Plataforma Web:** De modo a ser possível a disponibilização dos dados aos operadores através da plataforma *web*, foi necessário tornar a mesma capaz de se manter à “escuta” de novas atualizações. Para tal recorreu-se a uma função denominada por *setTimeout* que efetua pedidos de x em x segundos. Neste caso em particular, a função *setTimeout*, encontra-se definida para despoletar os pedidos a cada 2000 ms. Caso existam atualizações na base de dados, prossegue-se com o respetivo pedido aos *web services* de modo a obter os dados de mobilidade pretendidos.

Este é um processo rápido que permite aos operadores ter acesso a um conjunto de dados importantes e que lhes possibilita ter uma visão ampla sobre a sua rede e sobre os acontecimentos que nela se desenvolvem em tempo real.

7 Avaliação

Neste capítulo serão realizados um conjunto de testes responsáveis por avaliar as funcionalidades que a plataforma *web* disponibiliza, o modo como a mesma responde a diferentes situações de interação, bem como avaliar o seu nível de qualidade perante uma solução ideal. Sobre cada teste será efetuada uma análise, terminando este com uma conclusão alusiva aos resultados produzidos.

Desta forma, o capítulo será constituído pelas seguintes secções: construção da *framework* de avaliação de qualidade relativa à solução do projeto, elaboração de um teste sobre o sistema de carregamento de redes de operações no mapa do *dashboard* e, por último, será realizado um teste sobre os requisitos funcionais e não funcionais que a plataforma *web* contempla.

7.1 Avaliação do Produto Usando a *Framework* QEF

A *framework* de Avaliação de Qualidade (QEF) é uma ferramenta que permite realizar uma avaliação quantitativa sobre a qualidade de um produto de *software* educativo. Esta ferramenta é constituída pelos seguintes elementos de avaliação: Dimensões, Fatores e Requisitos. A qualidade do produto é caracterizada em Dimensões, cada Dimensão nos seus Fatores e cada Fator nos seus Requisitos. A cada Requisito é atribuído um peso e uma percentagem de cumprimento. Sendo que o resultado total deste último reflete os valores de qualidade atingidos por Dimensão [108]. Através dos valores obtidos por Dimensão, será possível concluir sobre a qualidade da plataforma tendo em conta uma solução ideal.

Recorreu-se a esta ferramenta de forma a avaliar a qualidade de todo o sistema. Isto porque, esta permite um tipo de avaliação quantitativa que possibilita que se conheça o valor percentual de qualidade associado à plataforma *web*, bem como saber-se qual o seu desempenho perante uma solução ideal. A *framework* pode ser aplicada em qualquer etapa de desenvolvimento do respetivo produto, permitindo assim um controlo gradual orientado à sua qualidade [108]. O facto de esta *framework* poder ser aplicada em qualquer fase de desenvolvimento foi também um fator que levou à sua aplicação, visto a plataforma *web* não se encontrar ainda totalmente desenvolvida (ver secção 8.1).

De forma a ser possível efetuar-se a avaliação da plataforma *web*, através da ferramenta QEF, e visto esta ser composta por um espaço tridimensional, foram propostas três dimensões: Requisitos Funcionais, Adaptabilidade e, por último, Eficiência. Estas dimensões pretendem englobar todo o tipo de requisitos que integram a plataforma *web*. Sendo que deste modo a avaliação será mais precisa e conseguirá avaliar, sobre uma solução ideal, todo o tipo de atributos que o sistema contém.

A dimensão “Requisitos Funcionais” tem como objetivo a avaliação das funcionalidades que a plataforma *web* deve disponibilizar, a usabilidade que o sistema apresenta e, por último, a dinâmica de funcionamento subjacente aos dados de mobilidade.

A dimensão “Adaptabilidade” relaciona-se com um tipo de avaliação direcionada aos seguintes pontos: capacidade do sistema em reagir de forma responsiva a mudanças de tamanhos de ecrãs ou de *browsers*, reconhecimento do idioma predefinido no sistema, segurança de dados, gestão de contas e operadoras, bem como a adoção de um mecanismo, produzido pelo servidor, capaz de gerir situações de tráfego elevado no que toca ao acesso à plataforma.

Como última dimensão tem-se a “Eficiência”, cuja sua responsabilidade é a de avaliar um conjunto de pontos que se relacionam com os fluxos de navegação presentes na plataforma, informar sobre qualquer operação que se realize e que necessite de uma notificação e, por fim, avalia o nível de desempenho que o sistema apresenta aos seus utilizadores.

A tabela relativa ao QEF da plataforma, bem como as métricas de avaliação dos requisitos, encontram-se disponíveis no Anexo 2. Todos os elementos anteriores foram preenchidos num ficheiro Excel e disponibilizados no respetivo anexo. No entanto, a tabela de resultados em conjunto com as métricas de avaliação são extensas o que dificulta a sua análise. Posto isto, e de modo a simplificar todo o processo de análise sobre o QEF da plataforma, optou-se por se efetuar um resumo do mesmo orientado às suas dimensões e fatores (sendo que os requisitos integram os fatores definidos). Segue assim uma tabela responsável por ilustrar os valores de qualidade atingidos por fator e por dimensão.

Tabela 9 - Cumprimento total dos requisitos por fator e por dimensão

Dimensão			
Funcionalidades	Fator	Peso (%)	Cumprimento dos Requisitos (%)
	Requisitos Funcionais	64	74,72
	Usabilidade	19	77,59
	Dados de Mobilidade	17	77,78
	Qi (%):	75,79	
Dimensão			
Adaptabilidade	Fator	Peso (%)	Cumprimento dos Requisitos (%)
	Versatilidade	56	61,36
	Manutenção	11	100
	Segurança	22	100
	Estabilidade	11	100
	Qi (%):	78,54	
Dimensão			
Eficiência	Fator	Peso (%)	Cumprimento dos Requisitos (%)
	Rede de Operações	43	82,14
	Navegação	57	75
	Qi (%):	78,06	

Na tabela 9 encontram-se definidos os totais atingidos por dimensão (“Qi” - cumprimento total dos fatores por dimensão) e por fator (cumprimento total dos requisitos por fator). Os pesos propostos por requisito tiveram origem numa análise orientada às necessidades dos operadores enquanto trabalhadores e utilizadores da plataforma. Posto que, estes pesos refletem o grau de significância que cada requisito adquire sobre a sua dimensão. Já os valores relativos ao cumprimento dos requisitos refletem o seu estado de implementação. Cada requisito é avaliado num escopo de limites percentuais:

- 0 - O requisito não foi implementado;
- 50 - Na perspetiva de uma dada métrica de avaliação, foi implementado metade do requisito;
- 100 - O requisito foi implementado na totalidade.

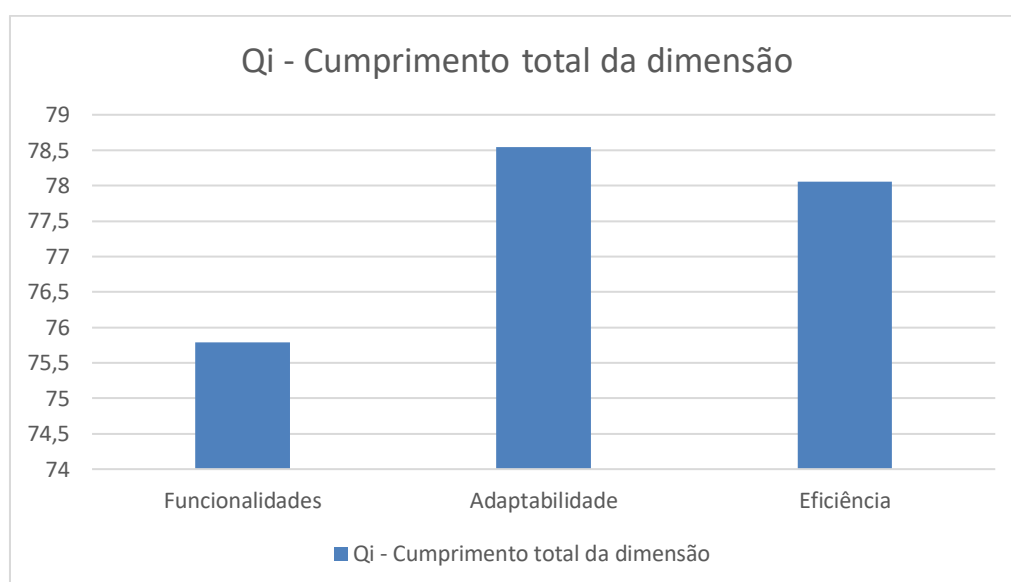


Figura 76 - Cumprimento total atingido nas dimensões

Como se pode verificar através da análise do gráfico anterior, comparativamente com a solução ideal, a dimensão que contém uma percentagem de cumprimento mais baixa é a dimensão denominada por “Funcionalidades”, já a mais elevada é a “Adaptabilidade”.

Através destes resultados pode-se concluir que neste momento existe um número considerável de funcionalidades que não se encontram disponíveis no sistema. Através da tabela 9 pode aferir-se que o fator “Requisitos Funcionais” apresenta uma percentagem de cumprimento menor comparativamente com os restantes fatores, com um total de 74,72%. No entanto, esta plataforma *web* considera-se ser complexa a nível do número de funcionalidades que a mesma deve ser capaz de oferecer aos operadores. Este último é um fator importante e que pesa na avaliação isto porque, apesar de as funcionalidades consideradas como as mais importantes para os operadores (geram valor às empresas de transportes) se encontrarem implementadas, fica a faltar um outro conjunto que concede uma melhor extensibilidade à plataforma (suporte

de todo o tipo de idiomas definidos para o sistema, alteração de alguns dos dados de registo, disponibilização de horários/bilhética, entre outros).

A nível das dimensões “Adaptabilidade” e “Eficiência”, tem-se que estes últimos apresentam valores similares de cumprimento. Para a “Eficiência” conclui-se apenas que os seus fatores apresentam uma completude aceitável, já relativamente à dimensão “Adaptabilidade” devem ser tidos em consideração os seguintes aspetos:

- O baixo valor de cumprimento atingido no fator “Versatilidade” é um ponto importante de ser analisado. Tal valor deve-se ao facto de existirem pontos de responsividade e de compatibilidade que não se encontram totalmente implementados no sistema. A sua incompletude pesa neste fator, visto que para qualquer aplicação *web* estes dois últimos componentes são tidos como uns dos mais significativos. Posto isto, torna-se importante que estes pontos passem a ser uma prioridade, de forma a serem concluídos num curto espaço de tempo;
- Para os restantes fatores tem-se um total de 100%, o que significa que estes se encontram ao nível da solução ideal. Estes fatores são os únicos que apresentam um cumprimento de 100%, o que implica que a nível de manutenção, segurança e escalabilidade o sistema corresponde na totalidade à solução ideal.

Depois de avaliadas as dimensões, segue agora uma avaliação final do sistema que visa o total dos valores atingidos na tabela 9.

Tabela 10 - Valores totais de qualidade atingidos pelo sistema

Dimensão	Qi (%)	D (%)	q (%)
Funcionalidades	75,79	39	83
Adaptabilidade	78,54		
Eficiência	78,06		

Na tabela 10 encontram-se definidos os seguintes valores: totais percentuais atingidos por dimensão (“Qi”), desvio global do sistema (distância euclidiana) relativo ao sistema ideal (“D”) e por último, a qualidade total do sistema (“q”). O resultado subjacente ao elemento “q” permite concluir, sobre valores percentuais, em que medida o sistema cumpre a solução ideal e, deste modo, concluir sobre a qualidade do produto.

$$q = \left(1 - \frac{D}{\sqrt{n}}\right) \times 100 \quad q \in [0,100]$$

$$q = \left(1 - \frac{0.39}{\sqrt{3}}\right) \times 100 = 83\%$$

O cálculo do valor de “q” dá-se pela equação anterior. O elemento “D” representa a distância euclidiana relativa ao sistema ideal (0,39) e o elemento “n” representa o número de dimensões (3). Assim, é possível concluir-se que o sistema cumpre em 83% o fim para o qual foi

desenvolvido. Sendo que, para se atingir um total de 100% será necessário que os pontos encontrados na avaliação relativa às dimensões, responsáveis pelo não cumprimento total da solução ideal, sejam colmatados.

7.2 Avaliação do Processo de Carregamento das Operações no *Dashboard*

Através deste teste será possível perceber-se qual o nível de desempenho do *dashboard* no que toca ao carregamento de redes de transporte que apresentam grandes volumes. Este é um teste de desempenho importante de ser realizado, pois o processo de carregamento das redes de operações decorre com todas as empresas de transportes. Sendo o acesso ao *dashboard* o primeiro contacto que os operadores têm com a plataforma, torna-se necessário que o carregamento das redes seja ágil e fluido, de modo a não comprometer a experiência dos operadores. Posto que a rede destas empresas pode apresentar grandes dimensões, o sistema deve encontrar-se preparado para carregar todos os dados necessários diretamente para o mapa e conseguir manter uma boa *performance*.

Como ponto de partida para esta avaliação tem-se o seguinte fator: para um grande número de utilizadores, o tempo de carregamento de uma página *web* não deve exceder os 10 segundos, sob pena destes poderem abandonar a respetiva página [109]. Desta forma, torna-se importante que as redes sejam carregadas para o mapa de modo a não exceder o limite máximo de 10 segundos.

Tabela 11 - Valores de desempenho do carregamento das redes no mapa do *dashboard*

Nome da operação	Número de rotas	Número de paragens	Tempo de carregamento (1)	Tempo de carregamento (2)
Fertagus	26	456	00:01.30	00:01.70
Rodonorte	165	3937	00:07.68	00:07.92
Guanabara - Brasil	397	46050	00:16.80	00:17.03
Carris	295	7964	00:09.70	00:10.01
Metro de Lisboa	4	126	00:00.66	00:00.70

Na tabela 11 encontra-se representado o número de rotas e de paragens inerentes a cada rede de operações em análise, bem como os tempos afetos ao carregamento das respetivas redes no mapa do *dashboard*. É de notar que as redes definidas na tabela anterior apresentam um grande contraste nas suas dimensões e, por essa razão, permitem uma avaliação mais conclusiva.

Como se pode verificar, existem dois tempos distintos para cada rede de operações. O primeiro tempo (1) reflete uma boa ligação de *wi-fi* e o segundo (2) representa uma ligação mais fraca.

Verifica-se que as redes Carris e Guanabara excedem o tempo limite de 10 segundos, definido como sendo o limite de espera que os utilizadores apresentam até abandonarem a página.

Pode-se também verificar que estas são as redes que contêm uma maior quantidade de dados, sendo que, o número de rotas ronda as 300 para a Carris e as 400 para a Guanabara. Na figura 77 encontra-se expressa a rede com as dimensões mais reduzidas (Metro de Lisboa) em contraste com a que apresenta a rede mais densa (Guanabara - Brasil)

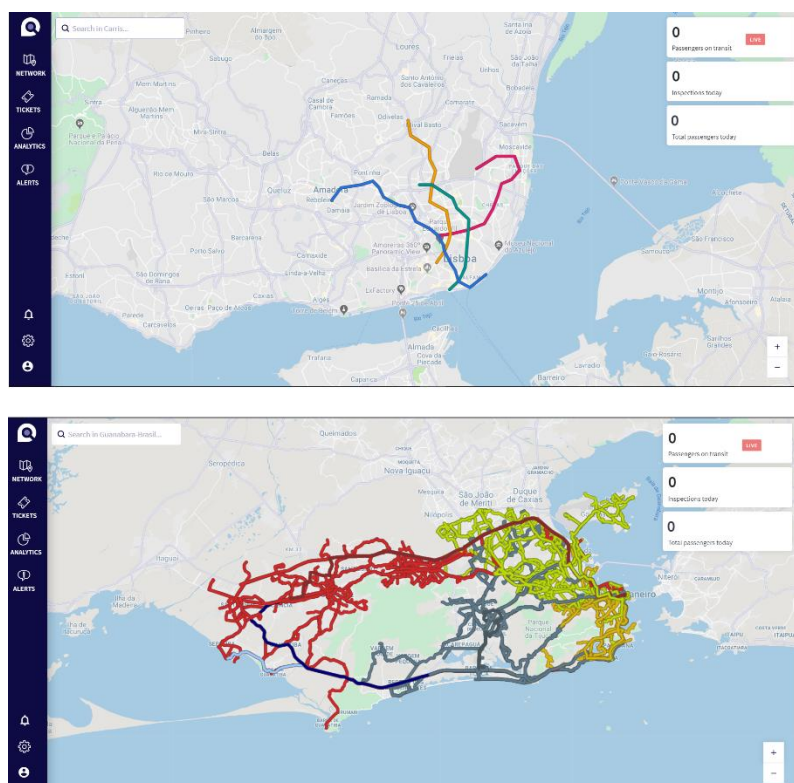


Figura 77 - Rede de operações do Metro de Lisboa e Guanabara - Brasil [17]

A diferença do número de rotas para cada operação é bastante acentuada. Para o Metro de Lisboa tem-se uma rede mais “limpa” ao nível de perceção das rotas, enquanto que na rede da Guanabara, devido ao número elevado de rotas, tem-se uma rede pouco perceptível. No entanto, para este tipo de redes mais densas, as cores de cada rota são o ponto principal que as caracteriza e permite uma melhor identificação das mesmas, visto que a cor é respeitante ao tipo de rota e direção.

Relativamente à rede *wi-fi*, pode-se concluir que este é um elemento que altera os tempos de carregamento da página. No entanto, o aumento que se sente nos tempos não é abrupto, ou seja, os tempos não são muito distintos. Porém, no caso da Carris, uma rede de *wi-fi* mais fraca provoca uma diminuição de *performance*, permitindo assim que o carregamento do *dashboard* ultrapasse os 10 segundos.

É importante referir que, numa primeira abordagem as paragens encontravam-se a ser carregadas em conjunto com as rotas, o que atrasava de forma considerável o tempo de carregamento do *dashboard*. Como se pode verificar através da tabela anterior, o número de paragens é em muito superior ao das rotas, sendo assim impensável que o seu carregamento continuasse a ser feito em simultâneo. Posto isto, o mecanismo foi alterado de maneira a que

as paragens fossem apenas carregadas quando os operadores fizessem *zoom in* no mapa. Apesar de esta modificação ter melhorado em muito o tempo de carregamento do *dashboard*, a mesma não se verificou ser o suficiente para a sua *performance* ser de 100% para qualquer rede.

Relativamente a este teste de desempenho, aplicado sobre o carregamento de diferentes redes de operações no mapa do *dashboard*, pode-se concluir que o mesmo deve ser melhorado. Este mecanismo deve ser mais ágil e depender de um menor número de subprocessos para que decorra de uma forma mais fluida e possibilite um carregamento menos pesado para o sistema.

7.3 Testes de Sistema

Os testes de sistema têm a responsabilidade de assegurar que os componentes que constituem uma dada solução de *software* interagem corretamente, ou seja, asseguram que o fluxo de funcionamento da aplicação corre como previsto [110]. Este tipo de testes podem englobar duas vertentes distintas: testes funcionais e não funcionais.

Os testes funcionais avaliam o comportamento de uma aplicação como um todo. Os dados de entrada são fornecidos, os testes executados e, por último, os resultados são expostos [111].

Os testes não funcionais verificam um conjunto de atributos de um componente de sistema específico que não se relaciona com uma funcionalidade (confiabilidade, eficiência, usabilidade, funcionalidade e portabilidade) [111].

Com a ajuda deste tipo de testes, cujo foco é o sistema e seu funcionamento, será possível perceber o fluxo de interação que os operadores estabelecem com a plataforma *web* e, perceber também, qual o comportamento dos seus atributos não funcionais. Assim deverá ser possível concluir se o sistema corresponde aos requisitos que se pretende que o mesmo contemple, quer a nível das suas funcionalidades, quer a nível do seu modo de funcionamento.

7.3.1 Testes Funcionais

De forma a ser possível testar as funcionalidades da plataforma *web* e respetiva interação com o operador, procedeu-se com a elaboração de fluxogramas. Através destes será possível compreender-se toda a dinâmica entre os operadores e a própria plataforma.

Os fluxogramas são um tipo de diagrama capaz de demonstrar a maneira como um processo é executado através da conexão de etapas. Estes últimos recorrem a símbolos, formas e setas com o objetivo de tornar a descrição dos processos mais lógica e mais perceptível.



Figura 78 - Símbolos presentes nos fluxogramas

Na figura 78 encontram-se representados os símbolos que compõem os fluxogramas. Apesar destes diagramas serem constituídos por um maior número de símbolos, apenas se representam aqueles que fazem parte da constituição dos fluxogramas inerentes às funcionalidades da plataforma.

De seguida, seguem representados os fluxogramas alusivos à solução de *software* subjacente a este projeto.

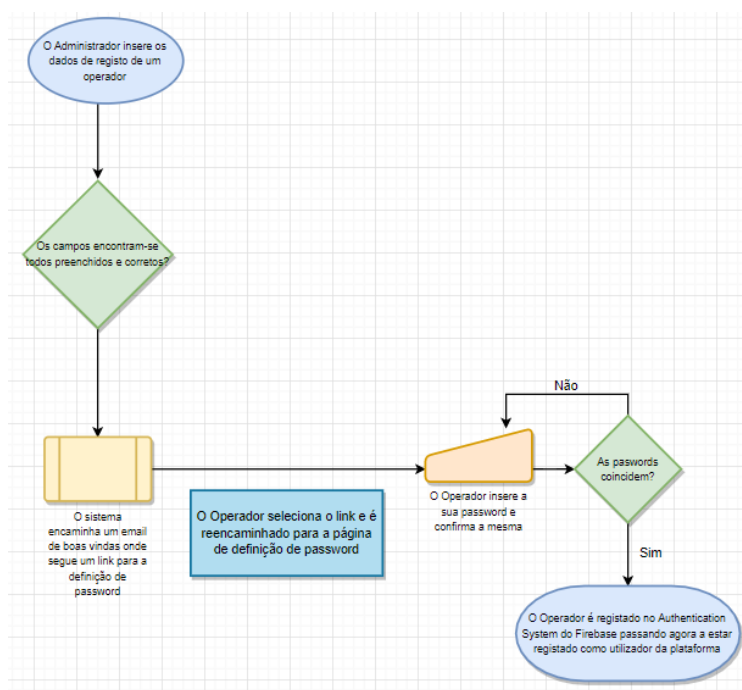


Figura 79 - Teste funcional, Registar operador

Na figura 79 encontra-se representado o fluxo que decorre quando se pretende que um operador seja registado na plataforma.

O serviço Firebase Cloud Functions trata de forma automática do processo de envio do respetivo *email* de boas-vindas e de definição de *password*. Aquando da definição da *password* e respetiva validação, o sistema procede com o armazenamento do novo operador nos sistemas Firebase Authentication System (FAS) e Firebase Cloud Firestore.

O sistema não permite que o responsável pelo sistema proceda com o registo de um operador caso os campos de registo não tenham sido preenchidos na totalidade, ou não se encontrem em conformidade com as regras de preenchimento. No caso do operador, o sistema não permite que o mesmo insira *passwords* que não correspondam ou inferiores a 6 caracteres.

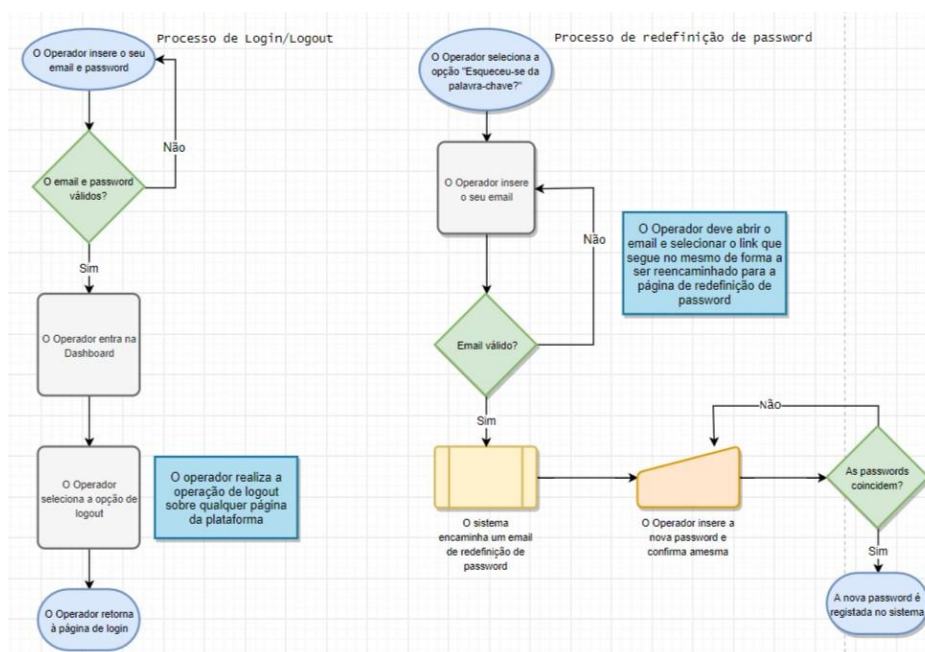


Figura 80 - Teste funcional, Login/Logout e redefinição de password

Os fluxogramas ilustrados na figura 80 representam os processos de *login/logout* e redefinição de *password*, respetivamente.

O processo de *login* rege-se por uma autenticação baseada em *email* e *password*. A validação destes campos é da responsabilidade do FAS. Caso o *email* ou *password* não se encontrem registados neste sistema, ou não sejam correspondentes, a plataforma notifica o operador do sucedido e requisita uma nova inserção das suas credenciais de acesso.

Os processos de *login* e de *logout* são ambos registados no FAS, de forma a ser possível ter-se acesso à última sessão do operador na plataforma.

No que toca à redefinição da *password*, este é um processo que decorre quando um operador não se recorda desta última. O mesmo deve inserir o seu *email* na página dedicada para tal, e proceder com a redefinição da sua *password*. É-lhe posteriormente enviado um *email* com a ajuda do FAS, através de um *template* predefinido deste serviço para a redefinição de *passwords*. Este é um processo automático que permite o encaminhamento do *email* de forma instantânea até à caixa de entrada do operador em questão.

A validação da *password* inserida e confirmação da mesma rege-se pelo mecanismo anterior, ou seja, as *passwords* devem corresponder e conter um limite mínimo de caracteres. Depois de validada a nova *password*, o serviço FAS associa a mesma ao *email* do operador.

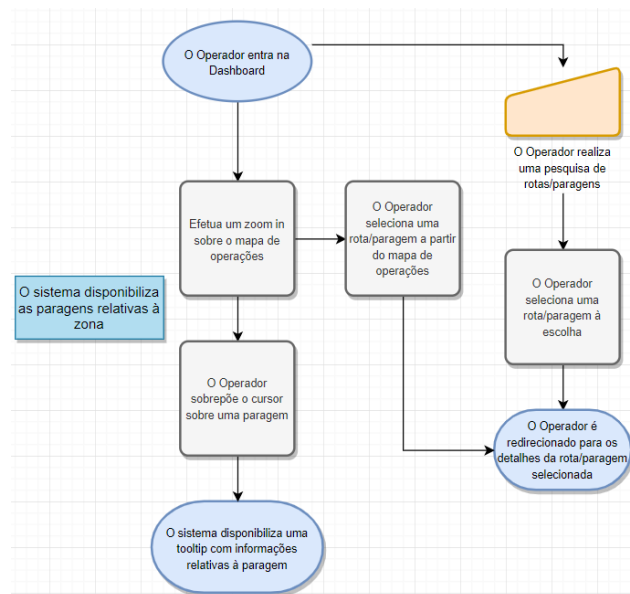


Figura 81 - Teste funcional, *Dashboard* e visualização de detalhes de rotas/paragens

Na figura 81 encontra-se representado o fluxograma que representa o tipo de interações possíveis de serem estabelecidas com o *dashboard* da plataforma.

Através do *dashboard* é possível aceder-se à informação de uma paragem, pesquisar rotas/paragens e, por último, aceder-se aos detalhes de qualquer rota ou paragem. No que toca à informação de uma dada paragem, é possível acederem-se a dados como o número de passageiros que entraram e saíram da respetiva paragem bem como, o número total de passageiros que se encontram no presente momento à espera do seu transporte.

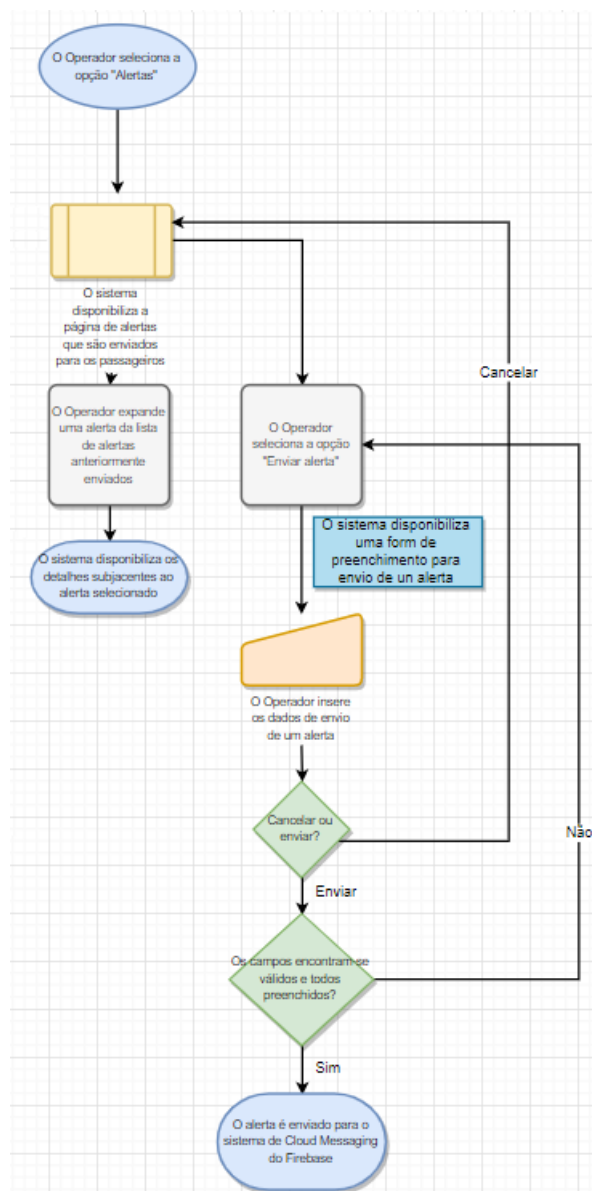


Figura 82 - Teste funcional, Visualizar/Enviar alertas

O fluxograma anterior representa as operações possíveis de se realizar na página de alertas da plataforma.

O operador pode visualizar detalhes relativos aos alertas anteriormente enviados para os passageiros. Sendo que nos detalhes dos alertas pode ter acesso à seguinte informação: grupo de passageiros a que o alerta se destinou, mensagem, serviços afetados e datas de início e término da ocorrência descrita no alerta.

Relativamente ao processo de envio de um alerta, o operador deve preencher todos os campos que se destacam como obrigatórios. Caso tal não se verifique, o sistema não irá permitir que o alerta seja enviado e notifica do sucedido, permitindo assim que o operador termine de inserir os dados em falta. Depois de os campos serem validados, o sistema reencaminha o respetivo alerta para o serviço Firebase Cloud Messaging que fica responsável pelo processo de envio do

alerta até aos dispositivos móveis dos passageiros correspondentes ao grupo definido pelo operador.

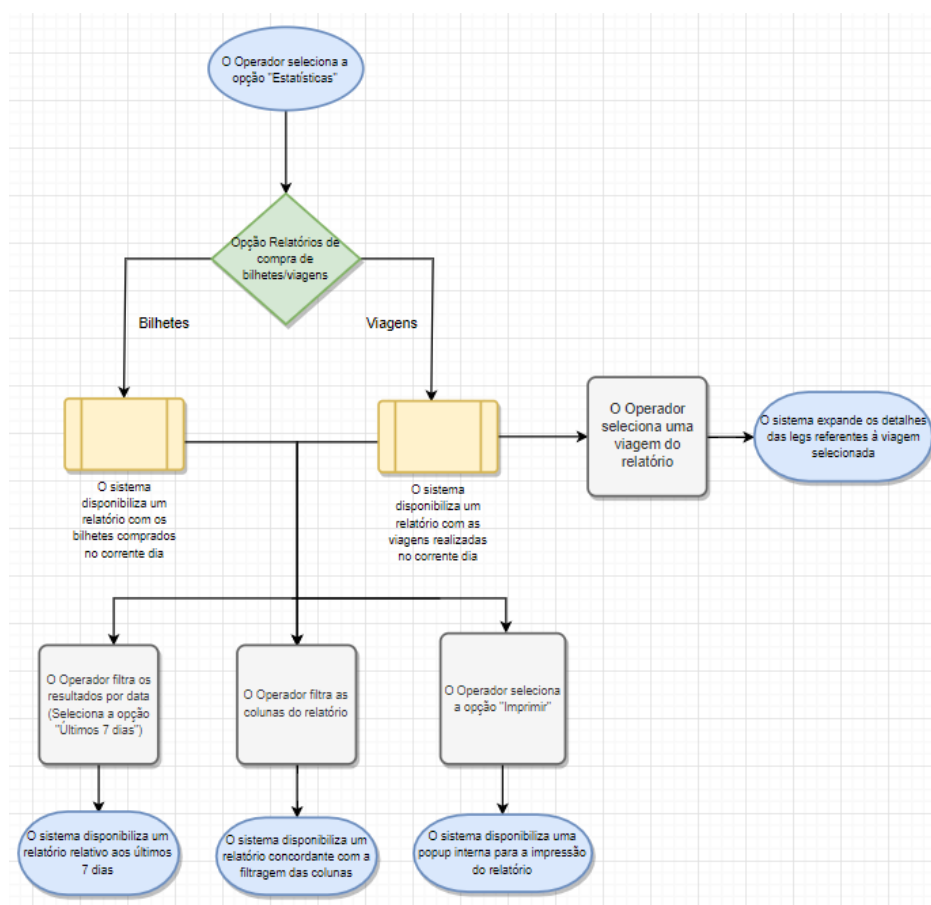


Figura 83 - Teste funcional, Relatórios de viagens e de compra de bilhetes

Na figura 83 encontra-se representado o fluxograma responsável por representar as interações possíveis de serem realizadas sobre os relatórios de viagens e de compra de bilhetes.

Como se pode verificar, existem processos iguais em ambos os relatórios: filtragem por data, filtragem por coluna e exportação dos respetivos relatórios. Na filtragem por data, o operador tem a possibilidade de optar por uma filtragem pré-definida ou por uma filtragem personalizada. Uma filtragem personalizada implica que seja o próprio operador a definir no calendário, ou por extenso, as datas de início e fim que os relatórios devem conter. No que toca ao processo de exportação dos relatórios, o operador tem a possibilidade de exportar os mesmos para os formatos PDF e Excel ou proceder com a sua impressão.

Para os relatórios de viagem existe também a opção de os operadores poderem ver em detalhe as viagens não diretas. Ficando estes possibilitados de aceder em pormenor a estações de entrada, saída, horas, distâncias e tempos de viagem. Já para os relatórios de compra de bilhetes os operadores têm acesso aos seguintes dados: data de compra do bilhete, tipo de bilhete, data da viagem, taxa de IVA e valor líquido resultante da compra.

Sobre estes testes funcionais, pode-se concluir que o sistema apresenta um fluxo e interação adequados. Este último dispõe também, de um nível de usabilidade simples e prática. Em situações de erro, alertas e *empty states* são disponibilizadas as devidas mensagens ao operador, no que toca às funcionalidades, estas são de fácil perceção e permitem um tipo de navegação simples pela plataforma *web*.

Este teste centrou-se apenas no fluxo da plataforma relativo às suas funcionalidades, de modo a ser possível concluir sobre o mesmo e perceber-se qual a dinâmica de todo o sistema.

7.3.2 Testes não Funcionais

Os testes não funcionais definem-se como sendo um tipo de teste de *software* utilizado para verificar aspetos não funcionais associados a uma aplicação. Alguns dos parâmetros que este tipo de testes abordam são os seguintes: desempenho, usabilidade, confiabilidade, suportabilidade, disponibilidade, compatibilidade, segurança, entre outros.

Nas tabelas a seguir, encontram-se destacados os tipos de resposta que a aplicação *web* oferece tendo em conta os parâmetros não funcionais referidos na secção 5.1.3.

Tabela 12 - Teste não funcional de desempenho

Processo	Tarefa	Resultado
Carregamento de dados	Mapa de operações	Não excede os 20 segundos para redes densas.
	Relatórios de viagens e compra de bilhetes	Não excede os 7 segundos para um intervalo de 1 ano.
	Alertas enviados	Não excede 1 segundo para um total de 10 alertas.
Envio de alertas	O operador elabora um alerta e procede com o seu envio	Depende do número de passageiros a que o alerta se destina.
		Os alertas podem chegar aos dispositivos dos passageiros em simultâneo mas pode também ocorrer uma diferença de tempos.
		Através do teste de envio de um alerta para apenas um passageiro verifica-se que o seu tempo médio de chegada é de 1 a 2 segundos.

Na tabela 12 encontram-se representados os processos principais da plataforma no contexto do requisito não funcional denominado por desempenho.

Relativamente ao processo de carregamento de dados, pode-se assumir que os tempos praticados pelo sistema no que toca ao carregamento de relatórios e de alertas permitem um bom nível de desempenho. No entanto, para o processo inerente ao mapa de operações, um tempo de carregamento de 20 segundos, ainda que para redes de operações densas, remete para um nível de desempenho abaixo do pretendido (ver secção 7.2).

No que toca ao envio de alertas, é de referir que este é um processo cuja responsabilidade recai sobre o serviço Cloud Messaging do Firebase. Por essa mesma razão não se torna possível manipular tempos de envio. No entanto, e segundo a documentação do Firebase, os tempos de envio são ágeis e os mesmos asseguram que todos os destinatários recebem as notificações [106].

Tabela 13 - Teste não funcional de disponibilidade

Tarefa	Resultado
O Operador pretende fazer uso da plataforma a qualquer hora	O sistema encontra-se ativo 24/7.
	O sistema atualiza os seus dados de mobilidade de forma constante.
O Operador deixa a plataforma ativa por mais de 30 minutos sem interagir com a mesma	O sistema efetua um <i>logout</i> automático de forma a não gastar e ocupar recursos desnecessários.

Na tabela 13 encontram-se definidas duas situações que se enquadram no parâmetro de disponibilidade relativo à plataforma.

O sistema encontra-se preparado para dar resposta ao operador sempre que o mesmo necessite de aceder à plataforma. Do mesmo modo, os dados que são produzidos em tempo real encontram-se sempre atualizados e prontos a serem acedidos através do *dashboard*.

De forma a não gastar recursos desnecessários, implementou-se um mecanismo que efetua uma verificação relativa à atividade do operador na plataforma. Caso o mesmo se encontre inativo por um período máximo de 30 minutos, o sistema efetua um *logout* automático. Este mecanismo é usado para que o sistema não consuma recursos desnecessários, visto que este se encontra num estado de atualização constante devido aos dados de mobilidade que são produzidos em tempo real.

Tabela 14 - Teste não funcional de suportabilidade

Tarefa	Requisito	Resultado
O Operador pretende fazer uso da plataforma	Possui GTS da sua rede de operações	Dependendo das dimensões do GTFS e da sua validade, o processo de integração na plataforma é relativamente rápido (não excede 1 dia, sendo este o tempo máximo).
	Não possui GTFS da sua rede de operações	Não é possível a integração da empresa de transportes na plataforma.
Idiomas suportados	Português	Total suporte.
	Inglês	Total suporte.
	Espanhol	Algumas páginas não se encontram ainda traduzidas para este idioma.

Na tabela 14 encontram-se definidos os tipos de suportabilidade que a plataforma *web* possibilita.

Numa primeira instância tem-se o ficheiro GTS. Sem este tipo de ficheiro, responsável por caracterizar as operações subjacentes às empresas de transportes, não é possível que o sistema proceda com a integração da respetiva operação na plataforma *web*. Caso o ficheiro exista, o processo de integração das operações destas empresas na plataforma é consideravelmente rápido e não necessita da intervenção dos operadores.

Relativamente aos idiomas suportados, tem-se o espanhol que se e contra de momento incompleto no que toca à tradução de algumas páginas *web*. Os restantes idiomas encontram-se disponíveis.

Tabela 15 - Teste não funcional de compatibilidade

Domínio	Ambiente	Resultado
Browsers	Google Chrome	Experiência normalizada.
	Firefox	Apresenta alguns desvios na experiência.
	Opera	Experiência normalizada.
	Safari	Apresenta alguns desvios na experiência.
Gama de dimensões de ecrãs	Monitores	Nível de responsividade adequado.
	Portáteis	Nível de responsividade adequado.

Domínio	Ambiente	Resultado
Gama de dimensões de ecrãs	Tablets	Apresenta pontos de responsividade que devem ser trabalhados.

Na tabela 15, e como último requisito não funcional em teste, tem-se o nível de compatibilidade que a plataforma *web* permite.

O teste foi orientado a alguns dos *browsers* mais usados de sempre, visto que o Google Chrome é atualmente o *browser* mais utilizado [112]. Posto isto, testou-se a plataforma nos *browsers* representados na tabela anterior. No entanto, para os *browsers* Firefox e Safari, existiram algumas diferenças a nível do *design*, pois estes últimos apresentam características distintas e por essa mesma razão existem formas de implementação que não são permitidas pelos mesmos. No entanto, as diferenças são mínimas e não impactantes a nível da utilização da plataforma.

Relativamente ao domínio das gamas de ecrãs, pode-se afirmar que, aquando do desenvolvimento das funcionalidades da plataforma, as mesmas foram sendo testadas em ecrãs com as dimensões de monitores de secretária e de portáteis. Para estas duas gamas de dispositivos os níveis de responsividade e adaptação do *design* encontram-se em concordância com as dimensões dos respetivos ecrãs. No entanto, para *tablets*, devem ser realizados alguns ajustes, visto que estes últimos apresentam um tamanho de ecrã mais reduzido.

8 Conclusões

Este capítulo tem, como enfoque principal, a especificação de um conjunto de conclusões que vão de encontro ao desenvolvimento da solução, bem como o término do respetivo projeto. Serão expostos os objetivos previamente definidos, juntamente com o nível da sua concretização e prioridade. Posteriormente, seguirá uma descrição relativa a algumas limitações que derivam do próprio projeto e seu desenvolvimento e, por fim, será feita uma análise relativa ao trabalho futuro que deverá ser realizado.

8.1 Objetivos Realizados

A solução proposta para o presente projeto, engloba um conjunto de funcionalidades que possibilitam a estruturação de uma plataforma *web* do tipo ITS que deverá ser utilizada pelos operadores de mobilidade.

Posto isto, a plataforma deverá ser composta por um conjunto de funcionalidades que suportam o seu normal funcionamento, tais como, o processo de registo e de *login/logout* de um dado operador. A mesma deverá contemplar funcionalidades ditas informativas, servindo estas apenas para que os operadores possam ter acesso a dados relativos ao funcionamento da sua rede de operações (rede, horários e bilhética).

Relativamente ao acompanhamento das ações que vão decorrendo na rede, os operadores deverão ter acesso a um conjunto de dados produzidos em tempo real (passageiros em viagem, receita gerada, revisões e seus tipos, total de passageiros que viajaram e, por fim, total de passageiros à espera do seu transporte por paragem), bem como ter acesso a relatórios que refletem os movimentos realizados pelos seus passageiros (compra de bilhetes e viagens realizadas). Deverá também ser disponibilizado um painel de dados estatísticos cuja função é a de permitir que se avalie um conjunto de fatores a partir das estatísticas apresentadas, tais como: qual o tipo de bilhete que mais se vende, que tipo de clientes mais circula nas suas redes (turistas ou residentes), em que alturas do ano se gera mais receita, entre outros fatores.

Para terminar, deverá ser possível aos operadores comunicar diretamente com os seus passageiros. Esta comunicação deverá estabelecer-se por intermédio de alertas, cujo objetivo é notificar de possíveis avarias, contratempos, alterações de horários, ou qualquer outro tipo de ocorrências que possam afetar o normal funcionamento das operações.

Foi, assim, elaborada a tabela 16 que descreve o estado de concretização associado a cada um dos objetivos definidos para o desenvolvimento da plataforma, seguidos da sua prioridade.

Tabela 16 - Nível de concretização dos objetivos definidos

Requisito Funcional	Estado de implementação	Prioridade
Registar operador	Implementado	1
Login/Logout	Implementado	1
Visualizar dados em tempo real	Implementado	1
Visualizar detalhes das rotas/paragens	Implementado	2
Visualizar bilhética	Não implementado	3
Visualizar horários	Não implementado	3
Visualizar/Enviar alertas	Implementado	1
Visualizar dados estatísticos	Não implementado	2
Visualizar/Exportar relatórios de viagem e de compra de bilhetes	Implementado	2

Antes de se dar início ao processo de desenvolvimento da plataforma, foi elaborada uma escala de priorização sobre as funcionalidades a serem implementadas (1 – mais elevada, 3 – mais baixa). Deste modo, começou-se pela implementação das funcionalidades correspondentes a valores de priorização mais elevados (1). Visto que algumas das funcionalidades ditas prioritárias apresentavam um grau de complexidade de desenvolvimento considerável, não foi possível progredir atempadamente para as restantes. Ficando assim de fora a funcionalidade relativa aos dados estatísticos (prioridade 2) que apesar de ser a funcionalidade que se encontra no presente momento a ser desenvolvida, ainda não foi terminada e devidamente testada (ver tabela 16). Num estado de não implementação encontram-se também, as funcionalidades de bilhética e de horários, cuja priorização é de 3 (mais baixa). A nível da elaboração das prioridades, é importante referir que estas foram elaboradas tendo por base os seguintes critérios: funcionalidades imprescindíveis ao sistema e funcionalidades relevantes para os operadores e respetivas empresas.

No entanto, apesar de o sistema não se encontrar ainda completo a nível de funcionalidades o mesmo pode ser disponibilizado aos operadores, assim que a funcionalidade relativa aos dados estatísticos se encontre terminada. Tal deve-se ao facto de as funcionalidades ainda não implementadas apresentarem uma prioridade baixa e não comprometerem a interação com o sistema e sua valorização. Estas funcionalidades definem-se como sendo “informativas” para os operadores e por essa razão, não representam um entrave na geração de valor que a plataforma tem a capacidade de gerar às empresas de transportes.

Deste modo, conclui-se que a plataforma *web* encontra-se numa fase final de desenvolvimento ainda que, depois de disponibilizada aos operadores, se tenha que proceder com a implementação destas funcionalidades ainda não implementadas no sistema (horários e bilhética).

No que toca aos requisitos não funcionais definidos para este projeto, conclui-se que o sistema cumpre grande parte dos mesmos. A nível de segurança dos dados, segurança do sistema,

manutenção, eficiência e responsividade de *interface*, a plataforma permite uma boa experiência pois apresenta uma qualidade acima dos 80% (ver secção 7.1).

8.2 Limitações

O principal entrave encontrado a nível do desenvolvimento deste projeto foi o facto de não ter sido possível colocar a plataforma disponível aos operadores. O que implicou que os testes fossem apenas orientados ao funcionamento e grau de completude das funcionalidades da plataforma, e não relativos à experiência dos operadores enquanto utilizadores. A disponibilização da plataforma aos operadores não foi possível de ser realizada, pois existem algumas funcionalidades a implementar e um conjunto de testes que devem ser ainda realizados sobre o *software*.

Teria sido interessante registar as experiências dos operadores de forma a perceber-se o modo como os mesmos iriam interagir com o sistema. As suas experiências poderiam esclarecer sobre pontos importantes que se relacionam com o propósito da plataforma, tais como: se esta seria realmente útil a nível de acrescento de valor às empresas de transportes e, se seria uma mais-valia para os operadores a nível da automatização dos seus processos.

Teria sido igualmente fundamental compreender o tipo de impacto que o canal de comunicação direto entre operadores e passageiros causaria para as empresas de transportes. Pelo que, teria sido de igual modo essencial, averiguar o tipo de análises que os operadores aplicariam sobre os dados produzidos em tempo real, e de que forma é que os mesmos seriam impactantes para uma melhor gestão dos recursos destas empresas.

Não entanto, não tendo sido possível orientar os testes efetuados à experiência dos operadores, foram testadas as funcionalidades da plataforma de um modo mais complexo e recorrendo a ferramentas de testes para o efeito. Os testes realizados acabaram por permitir avaliar a qualidade do *software* que se encontra em fase final de produção, tendo estes sido realizados com base nas necessidades que os operadores apresentam.

Para terminar, é importante referir que relativamente ao funcionamento do próprio projeto tem-se um tipo de limitação que afeta quer os dados de mobilidade, quer os próprios alertas definidos na plataforma. A limitação que recai sobre ambas as funcionalidades anteriores relaciona-se com o facto de as mesmas se centrarem apenas nos passageiros que se deslocam através Pick. Posto isto, torna-se necessário que esta aplicação móvel adquira um número considerável de utilizadores de modo a ser possível concluir sobre os dados de mobilidade que a plataforma *web* disponibiliza. Para os alertas sucede o mesmo, os alertas chegam apenas aos passageiros utilizadores da Pick. Qualquer outro tipo de passageiro, que não recorra a esta aplicação para se deslocar, não terá acesso ao alerta enviado pelos operadores.

8.3 Trabalho Futuro

Como já foi mencionado anteriormente, a plataforma encontra-se num estado final de desenvolvimento. Isto porque, de um conjunto de todas as funcionalidades definidas para este projeto, encontram-se em falta no sistema apenas três funcionalidades que apresentam diferentes níveis de priorização. De momento, encontram-se em falta duas funcionalidades com uma prioridade de 3 (mais baixa) e uma última, com uma prioridade de 2 (entre as mais altas).

Assim, tem-se como primeiro ponto relativo ao trabalho futuro que deverá ser realizado, o término da funcionalidade que se define como sendo a mais prioritária (painel dos dados estatísticos). Esta é uma funcionalidade importante para os operadores, pois permite que estes últimos possam avaliar e analisar a forma como os seus transportes são “consumidos” pelos passageiros. Ainda relativamente às funcionalidades, como foi avaliado na secção 7.2, será necessário rever o processo de carregamento das redes de operações no mapa do *dashboard*. Tal deve-se ao facto de o desempenho de carregamento não ser o mais adequado para redes densas, isto porque este excede o limite de 10 segundos definido como tempo máximo de carregamento que a página deve apresentar. Assim, torna-se necessário analisar este processo e construí-lo de modo a tornar o mesmo mais leve e mais fluido.

Após concluída a funcionalidade relativa ao painel de estatísticas e de se acertar os tempos de carregamento do *dashboard*, será possível proceder-se com a disponibilização da plataforma aos operadores. Tal é possível, pois as funcionalidades que se mantêm em falta no sistema não se definem como sendo prioritárias e não comprometem a sua interação.

Após a disponibilização da plataforma aos operadores, poderão realizar-se testes orientados à experiência dos mesmos enquanto utilizadores. Será fundamental concluir sobre o que se encontra em falta no sistema, o que deverá ser melhorado e o que deverá ser excluído. No entanto, é importante referir que as funcionalidades que se encontram ainda em falta no sistema devem ser implementadas na totalidade para que se possa terminar o primeiro ciclo de desenvolvimento do respetivo *software*.

9 Referências

- [1] Uber, “Uber,” 2019. [Online]. Available: <https://www.uber.com/pt-PT/about/>. [Acedido em 13 04 2019].
- [2] Lyft, “Lyft,” 2019. [Online]. Available: <https://www.lyftbusiness.com>. [Acedido em 13 04 2019].
- [3] Cabify, “Cabify,” 2019. [Online]. Available: <https://cabify.com/en/business>. [Acedido em 13 04 2019].
- [4] M. Rouse, “Intelligent transportation system (ITS),” Março 2017. [Online]. Available: <https://whatis.techtarget.com/definition/intelligent-transportation-system>. [Acedido em 11 04 2019].
- [5] The Hub, “Bus Karo 2.0 – Case Studies from India,” 2015.
- [6] MaaS Global, “What is Mobility as a Service (MaaS),” 03 02 2018. [Online]. Available: <https://maas.global/what-is-mobility-as-a-service-maas/>. [Acedido em 16 02 2019].
- [7] N. S. e. D. Pojani, “For Mobility as a Service (MaaS) to solve our transport woes, some things need to change,” 18 11 2018. [Online]. Available: <http://theconversation.com/for-mobility-as-a-service-maas-to-solve-our-transport-woes-some-things-need-to-change-105119>. [Acedido em 13 04 2019].
- [8] R. M. I. e. I. c. NITI Aayog, “Data-driven mobility,” 2018.
- [9] J. Peixoto, “Sustainable mobility in Portugal: challenges to overcome,” 2017. [Online]. Available: <http://www.ccg.pt/sustainable-mobility/?lang=en>. [Acedido em 08 06 2019].
- [10] “Infraestruturas de Portugal,” Infraestruturas de Portugal, 2019. [Online]. Available: <http://www.infraestruturasdeportugal.pt>. [Acedido em 16 02 2019].
- [11] “Using Intelligent Platforms to transform public transport in rapidly growing cities,” Accenture, 2018. [Online]. Available: <https://www.accenture.com/us-en/insight-intelligent-platforms-public-transport>. [Acedido em 03 12 2018].
- [12] “Pick by Ubirider,” 2018. [Online]. Available: <https://govtech.gov.pt/projects/160>. [Acedido em 10 02 2019].

- [13] ElysiumAcademy Private Limited, "What are the Software Development Life Cycle (SDLC) phases?," 23 08 2017. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/what-software-development-life-cycle-sdlc-phases-private-limited>. [Acedido em 19 04 2019].
- [14] Significados, "Significado de Scrum," 21 07 2017. [Online]. Available: <https://www.significados.com.br/scrum/>. [Acedido em 19 04 2019].
- [15] C. M. d. S. e. M. D. Dias, "TÉCNICAS DE ELICITAÇÃO DE REQUISITOS: UM ESTUDO DE CASO PARA UM SISTEMA DE GESTÃO FINANCEIRA," Santa Catarina, 2018.
- [16] Help scout, "O que é Trello?," 16 10 2017. [Online]. Available: <https://help.trello.com/article/708-what-is-trello>. [Acedido em 19 04 2019].
- [17] Ubirider, "Pick Hub," 2019. [Online]. Available: <https://www.pick.ubirider.com>. [Acedido em 14 07 2019].
- [18] M. Sharma, "Value Analysis: Meaning, Phases, Merits and Limitations," 2017. [Online]. Available: <http://www.yourarticlelibrary.com/marketing/value-analysis-meaning-phases-merits-and-limitations/49178>. [Acedido em 09 12 2018].
- [19] W. Kenton, "Perceived Value," 30 03 2018. [Online]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/p/perceived-value.asp>. [Acedido em 16 12 2018].
- [20] S. Nicola, "Análise de Valor," INESC-TEC, 2018.
- [21] "Innovation Process," Lead Innovation, 2018. [Online]. Available: <https://www.lead-innovation.com/en/innovation-process>. [Acedido em 16 12 2018].
- [22] K. B. Kahn, "O'REILLY," 2015. [Online]. Available: https://www.oreilly.com/library/view/the-pdma-handbook/9780471485247/9780471485247_what_is_the_front_end_question.html. [Acedido em 16 12 2018].
- [23] P. A.Koen, "Fuzzy Front End: Effective Methods, Tools, and Techniques," 2001.
- [24] "General Transit Feed Specification," Github, 2018. [Online]. Available: <http://gtfs.org>. [Acedido em 03 12 2018].
- [25] T. Greenwald, "Business Model Canvas: A Simple Tool For Designing Innovative Business Models," 31 01 2012. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/tedgreenwald/2012/01/31/business-model-canvas-a>

- simple-tool-for-designing-innovative-business-models/#38354e3c16a7. [Acedido em 09 12 2018].
- [26] D. Pereira, "O que é o Business Model Canvas," 08 07 2016. [Online]. Available: <https://analistamodelosdenegocios.com.br/o-que-e-o-business-model-canvas/>. [Acedido em 09 12 2018].
- [27] J. King, "How Transportation Technologies Will Change Everything," 04 11 2014. [Online]. Available: <http://www.govtech.com/transportation/How-Transportation-Technologies-Will-Change-Everything-.html>. [Acedido em 03 12 2018].
- [28] Accenture, "Get Ready for the "Internet of Transportation" Revolution," 2015. [Online]. Available: https://www.accenture.com/th-en/~media/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_8/Accenture-Internet-of-Transport-Final.pdf. [Acedido em 03 12 2018].
- [29] "What is an E-ticket, Really?," 26 07 2016. [Online]. Available: <https://www.airtreks.com/go/what-is-an-e-ticket/>. [Acedido em 23 02 2019].
- [30] Portal Europeu de Dados, "Open public transport and mobility data in Spain," 07 02 2019. [Online]. Available: <https://www.europeandataportal.eu/pt/news/open-public-transport-and-mobility-data-spain>. [Acedido em 16 02 2019].
- [31] Cosgrove's, "Difference between Public and Private Transport," 29 09 2017. [Online]. Available: <https://executivechauffeursireland.com/blog/difference-between-public-and-private-transport/>. [Acedido em 27 04 2019].
- [32] G. Dobush, "Uber takes another go at Germany's tough ridesharing market," 31 08 2018. [Online]. Available: <https://www.handelsblatt.com/today/companies/mobility-uber-takes-another-go-at-germanys-tough-ridesharing-market/23583138.html?ticket=ST-774095-IVcenqPcVJMf9FS1FygN-ap4>. [Acedido em 27 04 2019].
- [33] J. F. Rose, "5 Crucial Principles for 21st Century Transportation Systems," 29 05 2014. [Online]. Available: <https://www.citylab.com/transportation/2014/05/5-crucial-principles-for-21st-century-transportation-systems/371782/>. [Acedido em 03 12 2018].
- [34] A. A. d. A. S. K. R. Renata Almeida Motta, "O caso do transmilénio," *Produção da rede*, nº Benefícios ambientais em decorrência da implantação do sistema de transporte rápido e de alta capacidade de ônibus em Bogotá, p. 12, 2010.

- [35] IT Portal, "Does Mobility as a Service hold the answer to the future of transport," 2017. [Online]. Available: <https://www.itproportal.com/features/does-mobility-as-a-service-hold-the-answer-to-the-future-of-transport/>. [Acedido em 07 07 2019].
- [36] Ohio University, "5 Advancements in Transportation Technology," 2017. [Online]. Available: <https://onlinemasters.ohio.edu/blog/5-advancements-in-transportation-technology/>. [Acedido em 07 07 2019].
- [37] S. Hoadley, "Mobility as a service: implications for urban and regional transport," Polis Traffic Efficiency & Mobility Working Group, Polis, Rue du Trone 98, 1050 Brussels, Belgium, 2017.
- [38] N. Kelly, "What is Mobility as a Service?," 09 11 2018. [Online]. Available: <https://www.geotab.com/blog/what-is-mobility-as-a-service/>. [Acedido em 24 01 2019].
- [39] SAS, "Big Data," 2019. [Online]. Available: https://www.sas.com/pt_br/insights/big-data/what-is-big-data.html. [Acedido em 23 02 2019].
- [40] ITS Portugal, "Intelligent Transport Systems & Services," 2018. [Online]. Available: <https://www.its-portugal.com/its>. [Acedido em 01 05 2019].
- [41] WSP, "Intelligent Transportation Systems," 2018. [Online]. Available: <https://www.wsp.com/en-CA/services/intelligent-transportation-systems-its>. [Acedido em 01 05 2019].
- [42] B. Aher, "How Big Data Impacts Smart Cities," 20 04 2018. [Online]. Available: <https://dzone.com/articles/how-big-data-has-the-biggest-impact-in-smart-citie>. [Acedido em 05 05 2019].
- [43] A. Gonfalonieri, "Big Data & Smart Cities: How can we prepare for them?," 13 12 2018. [Online]. Available: <https://medium.com/dataseries/big-data-and-smart-cities-why-we-need-them-now-a194b2498fb1>. [Acedido em 05 05 2019].
- [44] Ubirider, "Seamless integration of mobility services," 2018. [Online]. Available: <https://ubirider.com/riders.html>. [Acedido em 24 01 2019].
- [45] LUSA, "'Startup' do Porto cria app que facilita deslocações nos transportes," *TechAoMinuto*, nº Tecnologia, p. 1, 2018.
- [46] Ubirider, "Pick by Ubirider na App Store," 2019. [Online]. Available: <https://itunes.apple.com/us/app/pick-by-ubirider/id1343817323?mt=8>. [Acedido em 26 05 2019].

- [47] "General Transit Feed Specification Reference," 2019. [Online]. Available: <https://developers.google.com/transit/gtfs/reference/>. [Acedido em 10 02 2019].
- [48] "GTFS For ParaTransit System?," 17 08 2018. [Online]. Available: http://wiki.lafabriquedesmobilites.fr/wiki/GTFS_For_ParaTransit_System%3F. [Acedido em 03 12 2018].
- [49] Pluralsight, "What's the Difference Between the Front-End and Back-End?," 28 01 2015. [Online]. Available: <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/whats-difference-front-end-back-end>. [Acedido em 20 06 2019].
- [50] "Firebase," 2019. [Online]. Available: <https://firebase.google.com>. [Acedido em 16 02 2019].
- [51] S. Yegulalp, "What is NoSQL? Databases for a cloud-scale future," 07 12 2017. [Online]. Available: <https://www.infoworld.com/article/3240644/what-is-nosql-databases-for-a-cloud-scale-future.html>. [Acedido em 27 06 2019].
- [52] Michael P. Peterson, "Mapeamento Web e Mobile," EUA, 2006.
- [53] C. Dempsey, "Definition of GIS," 2017.
- [54] National Geographic, "GIS (geographic informa," 2018.
- [55] Google Maps Platform, "Code Samples," 2019. [Online]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/examples/>. [Acedido em 16 02 2019].
- [56] "MapBox," 2019. [Online]. Available: <https://www.mapbox.com>. [Acedido em 10 02 2019].
- [57] "OpenStreetMap," 2019. [Online]. Available: <https://www.openstreetmap.org/#map=7/39.602/-7.839>. [Acedido em 14 02 2010].
- [58] "Leaflet," 2019. [Online]. Available: <https://leafletjs.com/reference-1.4.0.html>. [Acedido em 14 02 2019].
- [59] M. Rouse, "heat map (heatmap)," 07 2011. [Online]. Available: <https://searchbusinessanalytics.techtarget.com/definition/heat-map>. [Acedido em 12 05 2019].
- [60] Google, "About Google," 2019. [Online]. Available: <https://about.google>. [Acedido em 19 05 2019].

- [61] C. Donais, “What is an SDK and an API?,” 19 12 2018. [Online]. Available: <https://www.skyhook.com/blog/what-is-an-sdk-and-an-api>. [Acedido em 21 04 2019].
- [62] “Plataforma do Google Maps,” Google, 2018. [Online]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation/>. [Acedido em 08 12 2018].
- [63] ProgrammableWeb, “Google Maps API,” 2018. [Online]. Available: <https://www.programmableweb.com/api/google-maps>. [Acedido em 19 05 2019].
- [64] Anna, Age Eight, LLC, “We Can Use Technology To Design New Public Transport Solutions,” 2019. [Online]. Available: <https://www.annaageeight.org/we-can-use-technology-to-design-new-public-transport-solutions/#post-body>. [Acedido em 07 07 2019].
- [65] Advancing Public Transport, “Monthly Focus: The Economic Impact of Public Transport,” 08 01 2015. [Online]. Available: <https://www.uitp.org/news/monthly-focus-economic-impact-public-transport>. [Acedido em 09 07 2019].
- [66] “Shared rides for smarter cities,” Citymapper, 2018. [Online]. Available: <https://citymapper.com/ride?lang=pt-pt>. [Acedido em 10 02 2019].
- [67] “Smartride Platform On-demand shared mobility made easy,” CityMapper, 2018. [Online]. Available: <https://citymapper.com/platform?lang=pt-pt>. [Acedido em 23 12 2018].
- [68] “Moovit to Provide Public Transit Data for Microsoft Azure Maps,” San Francisco, USA, 2018.
- [69] Moovit, “Moovit’s Urban Mobility for India Initiative,” Israel, 2017.
- [70] Via Verde Portugal, “Quem Somos,” 2019. [Online]. Available: <https://www.viaverde.pt/particulares/quem-somos>. [Acedido em 26 05 2019].
- [71] Via Verde Portugal, “Via Verde na App Store,” 2019. [Online]. Available: <https://itunes.apple.com/pt/app/via-verde/id674583357?mt=8>. [Acedido em 26 05 2019].
- [72] Via Verde Portugal, “Via Verde Transportes na App Store,” 2019. [Online]. Available: <https://itunes.apple.com/pt/app/via-verde-transportes/id1229310999?mt=8>. [Acedido em 26 05 2019].
- [73] Via Verde Portugal, “Via Verde lança app para transportes públicos,” *Marketeer*, nº Mobilidade, 2018.

- [74] Fertagus, "Fertagus," 2019. [Online]. Available: <https://www.fertagus.pt>. [Acedido em 22 06 2019].
- [75] "What is a web mapping API?," 2018. [Online]. Available: <https://www.e-education.psu.edu/geog585/node/763>. [Acedido em 23 02 2019].
- [76] Stackshare, "Mapping APIs," Stackshare, 2018. [Online]. Available: <https://stackshare.io/mapping-apis>. [Acedido em 14 02 2019].
- [77] G. Pasupuleti, "Few Insights about Google Maps API — Beyond the Road," 24 09 2016. [Online]. Available: <https://medium.com/@gauthampasupuleti/few-insights-about-google-maps-api-beyond-the-road-87d387f5d301>. [Acedido em 15 02 2019].
- [78] "Leaflet Alternatives & Reviews," 2018. [Online]. Available: <https://alternative.me/leaflet>. [Acedido em 14 02 2019].
- [79] V. G. Temprano, "Pros and cons of using Mapbox for your project," 01 06 2018. [Online]. Available: <https://www.codementor.io/victorgerardtemprano/pros-and-cons-of-using-mapbox-for-your-project-dx04pfgxw>. [Acedido em 14 02 2019].
- [80] "OpenStreetMap," MapBox, 2019. [Online]. Available: <https://docs.mapbox.com/help/glossary/osm/>. [Acedido em 15 02 2019].
- [81] M. Rouse, "Wrapper," 04 2005. [Online]. Available: <https://searchmicroservices.techtarget.com/definition/wrapper>. [Acedido em 15 02 2019].
- [82] Jungleworks, "A Guide to Choose Maps API for your On-Demand App," 2017. [Online]. Available: <https://jungleworks.com/maps-api-mobile-app-guide-google-mapbox-openstreet-pricing/>. [Acedido em 15 06 2019].
- [83] Batchgeo, "Google Maps vs. Yahoo Maps vs. MapQuest – API's," 2017. [Online]. Available: <https://blog.batchgeo.com/google-maps-vs-yahoo-maps-vs-mapquest-apis/>. [Acedido em 16 06 2019].
- [84] Google Maps, "Marker Clustering," 2019. [Online]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/marker-clustering#introduction>. [Acedido em 16 06 2019].
- [85] "Preços para mapas, routes e places," Google , 2019. [Online]. Available: <https://cloud.google.com/maps-platform/pricing/sheet/>. [Acedido em 23 02 2019].

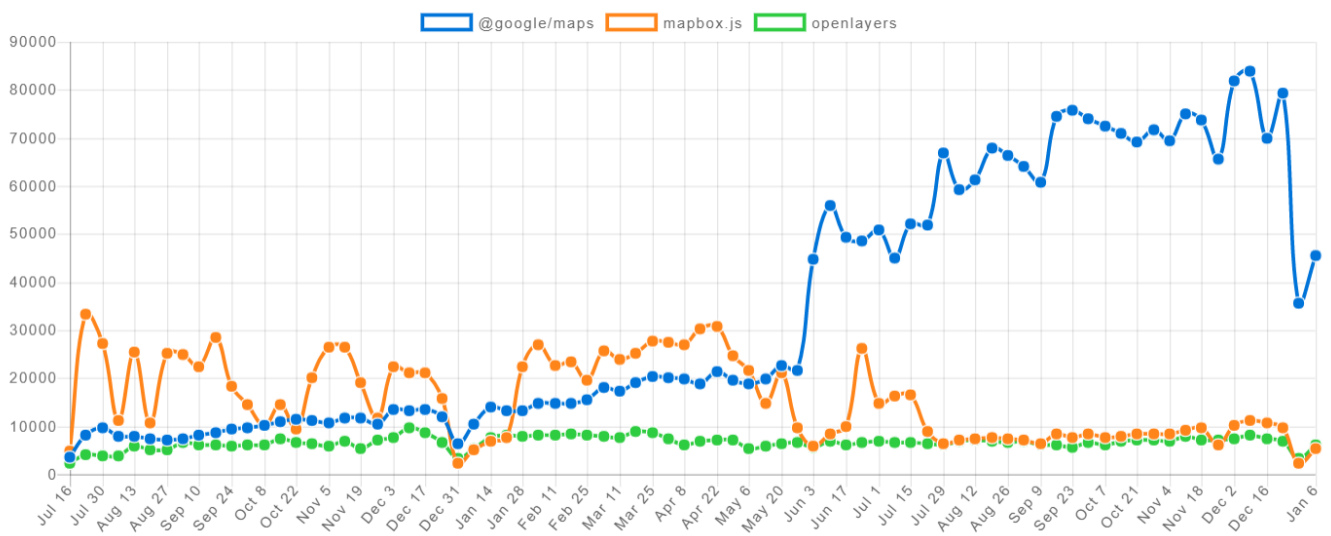
- [86] S. Slater, "Mapbox and Google: Mapping Out Pros and Cons," 21 11 2017. [Online]. Available: <https://blog.concept3d.com/mapbox-and-google-mapping-out-pros-and-cons>. [Acedido em 16 06 2019].
- [87] C. Kleimeier, "Switching to Mapbox: the Less Expensive Google Maps Alternative," 22 08 2018. [Online]. Available: <https://gomasuga.com/blog/mapbox-google-maps-alternative>. [Acedido em 01 07 2019].
- [88] A. Tarasenko, "Leaflet vs OpenLayers. What to choose?," 12 04 2019. [Online]. Available: <https://www.geoapify.com/leaflet-vs-openlayers/>. [Acedido em 16 06 2019].
- [89] StackExchange, "How to improve the performance of an OpenLayers based API containing a large number of layers?," 04 11 2014. [Online]. Available: <https://gis.stackexchange.com/questions/120810/how-to-improve-the-performance-of-an-openlayers-based-api-containing-a-large-num>. [Acedido em 16 06 2019].
- [90] StackExchange, "Technical and usability differences between OpenLayers and Google Maps API V3," 27 12 2010. [Online]. Available: <https://gis.stackexchange.com/questions/4585/technical-and-usability-differences-between-openlayers-and-google-maps-api-v3/4685>. [Acedido em 16 06 2019].
- [91] "Maps Usage Distribution on the Entire Internet," 2016. [Online]. Available: <https://trends.builtwith.com/mapping/maps/traffic/Entire-Internet>. [Acedido em 27 01 2019].
- [92] K. Hoetmer, "A fresh new look for the Maps API, for all one million sites," 15 05 2013. [Online]. Available: <https://mapsplatform.googleblog.com/2013/05/a-fresh-new-look-for-maps-api-for-all.html>. [Acedido em 27 01 2019].
- [93] Development Seed and Mapbox, "TileMill," 2010. [Online]. Available: <https://tilemill-project.github.io/tilemill/>. [Acedido em 26 06 2019].
- [94] "5 things to know before choosing digital maps API: Google Maps Vs Mapbox explained," 2017. [Online]. Available: <https://jungleworks.com/google-vs-mapbox/>. [Acedido em 13 01 2019].
- [95] Jungleworks, "5 things to know before choosing digital maps API: Google Maps Vs Mapbox explained," 2017. [Online]. Available: <https://jungleworks.com/google-vs-mapbox/>. [Acedido em 01 07 2019].
- [96] r/webdev, "Reddit," 2018. [Online]. Available: https://www.reddit.com/r/webdev/comments/amp9sn/google_maps_price_hike_compared_to_other/. [Acedido em 01 07 2019].

- [97] M. C. C. Baranauskas, "Modelo de Domínio: Visualizando Conceitos," 2015. [Online]. Available: <http://www.ic.unicamp.br/~ariadne/mc436/1s2017/Lar10ModDom.pdf>. [Acedido em 23 06 2019].
- [98] Ofni Systems, "Functional Requirements," 2014, [Online]. Available: <http://www.ofnisystems.com/services/validation/functional-requirements/>. [Acedido em 16 02 2019].
- [99] "FURPS+," 10 07 2008. [Online]. Available: <https://qualidadebr.wordpress.com/2008/07/10/furps/>. [Acedido em 23 02 2019].
- [100] Oracle, "What Is a Relational Database?," 2018. [Online]. Available: <https://www.oracle.com/database/what-is-a-relational-database/>. [Acedido em 24 05 2019].
- [101] S. W. Amber, "UML 2 Deployment Diagrams: An Agile Introduction," 2018. [Online]. Available: <http://agilemodeling.com/artifacts/deploymentDiagram.htm>. [Acedido em 24 02 2019].
- [102] D. Bell, "The sequence diagram," 16 02 2004. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/3101.html>. [Acedido em 24 02 2019].
- [103] R. P. Fernandes, "O que é Cloud Firestore?," 04 10 2017. [Online]. Available: <https://medium.com/android-dev-moz/firestore-8d225062ffe8>. [Acedido em 11 08 2019].
- [104] Sameles, "Push notifications with Firebase Cloud Messaging node.js and Typescript," 19 12 2016. [Online]. Available: <https://ramlez.com/blog/push-notifications-with-firebase-cloud-messaging-node-js-and-typescript/>. [Acedido em 15 08 2019].
- [105] G. Schade, "Publish-Subscribe - Um padrão para troca de mensagens," 12 03 2018. [Online]. Available: <https://gabrielschade.github.io/2018/03/12/publish-subscribe.html>. [Acedido em 16 08 2019].
- [106] Firebase, "About FCM messages," 2019. [Online]. Available: <https://firebase.google.com/docs/cloud-messaging/concept-options?hl=EN>. [Acedido em 27 08 2019].
- [107] C. Morency, "Resarch Gate," 12 2016. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Diagram-of-complete-GTFS-file-dataset_fig1_310446593. [Acedido em 29 07 2019].
- [108] P. Escudeiro, "Quantitative Evaluation Framework," 2008.

- [109] J. Nielsen, "How Long Do Users Stay on Web Pages?," 11 09 2011. [Online]. Available: <https://www.nngroup.com/articles/how-long-do-users-stay-on-web-pages/>. [Acedido em 21 08 2019].
- [110] ProfessionalQA.com, "System Testing," 05 03 2019. [Online]. Available: <http://www.professionalqa.com/system-testing>. [Acedido em 10 07 2019].
- [111] Software Testing Help, "Functional Testing Vs Non-Functional Testing," 21 06 2019. [Online]. Available: <https://www.softwaretestinghelp.com/functional-testing-vs-non-functional-testing/>. [Acedido em 10 07 2019].
- [112] Statista, "2019," [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/268299/most-popular-internet-browsers/>. [Acedido em 27 08 2019].
- [113] J. Potter, "@google/maps vs mapbox.js vs openlayers," 2019. [Online]. Available: <https://www.npmtrends.com/@google/maps-vs-mapbox.js-vs-openlayers>. [Acedido em 13 01 2019].

Anexo 1: Google Maps vs MapBox vs OpenLayers [113]

Downloads in past 2 Years ▾



Anexo 2: Tabela QEF e Métricas de Avaliação

Tabela 17 - Dimensão Funcionalidades para o fator Requisitos Funcionais

Q_j	W_{ij} (Peso do Fator j na Dim i) [0,1]	Fator	rw_{jk} (Peso do Requisito k no Fator j) {2, 4, 6, 8, 10}	Requisito	wf_k % Cumprimento do Requisito k) [0,100]
74,7253	0,64	Requisitos Funcionais (versão completa)	10	FRF01 - Registo do Operador na plataforma	100
			6	FRF02 - Envio de emails de boas vindas, redefinição de password, remoção de conta na plataforma	100
			10	FRF03 - Defenição de password	100
			10	FRF04 - Login/Logout	100
			8	FRF05 - Redefinição da password	100
			8	FRF06 - Visualizar dados produzidos em tempo real	100
			8	FRF07 - Visualizar a rede de operações	100
			8	FRF08 - Visualizar as paragens subjacentes à rede de operações	100
			8	FRF09 - Visualizar dados informativos sobre as paragens	100
			6	FRF10 - Pesquisar rotas/paragens	100
			8	FRF11 - Navegar até aos detalhes de rotas/paragens através dos resultados das pesquisas ou rede de operações	100
			8	FRF12 - Visualizar detalhes de rotas/paragens	100
			6	FRF13 - Visualizar os horários de uma rota/paragem	0
			6	FRF14 - Aceder à bilhética da empresa de transportes	0
			6	FRF15 - Visualizar em detalhe os bilhetes	0
			8	FRF16 - Visualizar o painel de estatísticas	0
			6	FRF17 - Filtrar o painel de estatísticas por data	0
			8	FRF18 - Visualizar relatórios de viagem/compra de bilhetes	100
			8	FRF19 - Filtrar os relatórios por data e por coluna	100
			10	FRF20 - Exportar os relatórios para os formatos Excel e PDF ou imprimir os mesmos	50
			8	FRF21 - Visualizar alertas enviados	100
			10	FRF22 - Enviar alertas para os passageiros	50
			8	FRF23 - Eliminar alertas	50

Tabela 18 - Dimensão Funcionalidades para os fatores Usabilidade e Dados de Mobilidade

Q_j	W_{ij} (Peso do Fator j na Dim i) [0,1]	Fator	rw_{jk} (Peso do Requisito k no Fator j) {2, 4, 6, 8, 10}	Requisito	wf_k % Cumprimento do Requisito k) [0,100]
77,5862	0,19	Usabilidade	10	FU01 - A interação com a rede de operações deve ser fuida	50
			6	FU02 - A navegação entre os detalhes e panorama geral da rede de operações deve-se encontrar interligada	100
			8	FU03 - As mensagens de erro e de sucesso presentes na plataforma devem ser sucintas e explicativas	50
			8	FU04 - Em qualquer página o Operador deve se encontrar-se possibilitado de fazer logout	100
			8	FU05 - As páginas web que constituem a plataforma devem encontrar-se uniformizadas	100
			8	FU06 - Suporta vários idiomas (PT, EN e ES)	50
			10	FU07 - A exportação dos relatórios deve englobar todos os dados presentes na customização de data definida pelo Operador	100
77,7778	0,17	Dados de Mobilidade (estáticos e dinâmicos)	10	FDM01 - Os dados dinâmicos devem encontrar-se num estado de atualização constante	100
			8	FDM02 - Os cards que agregam os dados produzidos em tempo real devem alterar a sua "forma" sempre que os valores se alteram	100
			8	FDM03 - Os dados estatísticos devem ser atualizados em tempo real	0
			10	FDM04 - Os dados dinâmicos presentes nas paragens devem caracterizar a sua afluência atual	100
			10	FDM05 - Os dados dinâmicos presentes nos cards devem caracterizar o fluxo geral subjacente à rede de operações	100
			8	FDM06 - Os dados estáticos devem corresponder aos dados disponibilizados oficialmente pelas empresas de transportes (GTFS atualizado)	50

Tabela 19 - Dimensão Adaptabilidade para os fatores Versatilidade, Manutenção, Segurança e Escalabilidade

Q_j	W_{ij} (Peso do Fator j na Dim i) [0,1]	Fator	rw_{jk} (Peso do Requisito k no Fator j) {2, 4, 6, 8, 10}	Requisito	wf_k % Cumprimento do Requisito k) [0,100]
61,3636	0,56	Versatilidade	10	AV01 - Plataforma responsiva e preparada para dispositivos com ecrãs dentro das seguintes gamas: monitores, portáteis e tablets	50
			8	AV02 - Preparado para os seguintes browsers: Google Chrome, Firefox, Safari e Opera	50
			10	AV03 - O idioma por defeito que o sistema adopta corresponde ao idioma definido no dispositivo de acesso	100
			8	AV04 - A plataforma permite que o Operador altere os seus dados de registo	0
			8	AV05 - A plataforma permite a existência de contas com mais do que uma empresa de transportes associada	100
100	0,11	Manutenção	10	AM01 - O registo de uma empresa de transportes depende unicamente da existência de um ficheiros GTFS	100
100	0,22	Segurança	8	AS01 - As passwords dos Operadores seguem um processo de encriptação proveniente do Firebase	100
			10	AS02 - Os dados de mobilidade apresentados aos Operadores não identificam os passageiros	100
100	0,11	Escalabilidade	8	AE01 - Os servidores utilizados quer para a base de dados quer para a plataforma são escaláveis	100

Tabela 20 - Dimensão Eficiência para os fatores Rede de Operações e Navegação

Q_j	W_{ij} (Peso do Fator j na Dim i) [0,1]	Fator	rw_{jk} (Peso do Requisito k no Fator j) {2, 4, 6, 8, 10}	Requisito	wf_k % Cumprimento do Requisito k) [0,100]
82,1429	0,43	Rede de operações	8	ER01 - Para redes com várias operações o desempenho do carregamento dos dados mantem-se	100
			10	ER02 - O carregamento das paragens deve ser um processo indepedente e não despoletado ao mesmo tempo que o carregamento das rotas	100
			10	ER03 - A performace de carregamento da rede de operações é a ideal	50
75	0,57	Navegação	10	EN01 - A plataforma possui uma boa estrutura e permite que os Operadores acedam às suas funcionalidades de maneira intuitiva	100
			10	EN02 - A interface da plataforma apresenta um nível de responsividade rápido, contempla animações de interação e disponibiliza informações de progresso e insucesso	50
			8	EN03 - Os erros de internet, tempo de sessões e problemas de conexão associados aos serviços externos devem ser bem tratados	50
			8	EN04 - Sistema de navegação entre funcionalidades permite o controlo total dos Operadores	100

Dimensão	Funcionalidades
Fator	Requisitos Funcionais (versão completa)

Tabela 21 - Métrica de Avaliação para o fator Requisitos Funcionais

Requisito	Métrica de Avaliação	Wfk - Cumprimento (%)		
		0	50	100
FRF01 - Registo do Operador na plataforma	O Administrador insere os dados de Operador e o sistema processa com o seu registo	A funcionalidade não se encontra disponível	A funcionalidade encontra-se parcialmente desenvolvida	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF02 - Envio de emails de boas vindas, redefinição de password, remoção de conta na plataforma	Sempre que o Operador realiza qualquer um dos três processos o sistema deve encaminhar um email adequado	Nenhum dos emails se encontra a ser encaminhado	Apenas alguns dos emails são encaminhados	Todos os emails são encaminhados corretamente
FRF03 - Defenição de password	O Operador insere a sua password para se registar na plataforma	A funcionalidade não se encontra disponível	-	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF04 - Login/Logout	O Operador efetua as operações de login/logout na plataforma	As funcionalidades não se encontram disponíveis	A funcionalidade de login encontra-se disponível a de logout não	As funcionalidades encontram-se disponíveis
FRF05 - Redefinição da password	O Operador redefina a sua password	A funcionalidade não se encontra disponível	-	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF06 - Visualizar dados produzidos em tempo real	O Operador acede aos dados produzidos em tempo real através de cards	A funcionalidade não se encontra disponível	Os cards não contemplam todos os dados que deveriam apresentar	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF07 - Visualizar a rede de operações	O Operador visualiza a sua rede de operações	A funcionalidade não se encontra disponível	A rede de operações não se encontra completa ou apresenta erros de cor ou posição	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF08 - Visualizar as paragens subjacentes à rede de operações	O Operador visualiza as paragens presentes na sua rede de operações	A funcionalidade não se encontra disponível	As paragens não se encontram completas ou apresentam erros de posição	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF09 - Visualizar dados informativos sobre as paragens	O Operador acede a uma tooltip informativa que descreve os dados de mobilidade subjacentes à paragem	A funcionalidade não se encontra disponível	Os dados apresentados são apenas estáticos faltando apresentar os dinâmicos	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF10 - Pesquisar rotas/paragens	O Operador pesquisa por rotas ou paragens e o sistema retorna resultados	A funcionalidade não se encontra disponível	Apenas disponível para um dos compoenetes	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF11 - Navegar até aos detalhes de rotas/paragens através dos resultados das pesquisas ou rede de operações	O Operador acede aos detalhes de rotas ou paragens através do mapa de operações ou da pesquisa	A funcionalidade não se encontra disponível	O acesso apenas se estabelece através de um tipo de página	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF13 - Visualizar detalhes de rotas/paragens	O Operador visualiza os detalhes de qualquer rota ou paragem presente na sua rede de operações	A funcionalidade não se encontra disponível	Apenas se encontra disponível o acesso a um dos componentes	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF14 - Visualizar os horários de uma rota/paragem	O Operador visualiza os horários de uma rota ou paragem através da página de detalhes	A funcionalidade não se encontra disponível	Apenas se encontra disponível o acesso a um dos componentes	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF15 - Aceder à bilhética da empresa de transportes	O Operador visualiza a bilhética praticada pela sua empresa de transportes	A funcionalidade não se encontra disponível	-	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF16 - Visualizar em detalhe os bilhetes	O Operador seleciona um tipo de bilhete e visualiza o mesmo em detalhe	A funcionalidade não se encontra disponível	Detalhes apresentados incompletos	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF17 - Visualizar o painel de estatísticas	O Operador visualiza os dados estatísticos relativos à sua rede de operações	A funcionalidade não se encontra disponível	Apenas algumas estatísticas se encontram isponíveis	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF18 - Filtrar o painel de estatísticas por data	O Operador filtra os dados estatísticos através da seleção ou inserção de uma data específica	A funcionalidade não se encontra disponível	Apenas se encontra disponível a filtragem pré-definida	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF19 - Visualizar relatórios de viagem/compra de bilhetes	O Operador visualiza relatórios de viagem e d compra de bilhetes através do painel de estatísticas	A funcionalidade não se encontra disponível	Apenas se encontra disponível um tipo de relatório	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF20 - Filtrar os relatórios por data e por coluna	O Operador filtra os relatórios através da seleção/inserção de uma data ou ordena os dados por coluna	A funcionalidade não se encontra disponível	Apenas se encontra disponível um tipo de filtragem	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF21 - Exportar os relatórios para os formatos Excel e PDF ou imprimir os mesmos	O Operador exporta o relatório para um qualquer formato Excel/PDF ou procede com a sua impressão	A funcionalidade não se encontra disponível	A funcionalidade encontra-se incompleta a nível de opções de exportação	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF22 - Visualizar alertas enviados	O Operador visualiza uma lista de alertas posteriormente enviados para os passageiros	A funcionalidade não se encontra disponível	-	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF23 - Enviar alertas para os passageiros	O Operador preenche um formulário e envia o alerta aos passageiros	A funcionalidade não se encontra disponível	A funcionalidade encontra-se parcialmente desenvolvida	A funcionalidade encontra-se disponível
FRF24 - Eliminar alertas	O Operador seleciona os alertas que pretende eliminar e procede com a sua eliminação	A funcionalidade não se encontra disponível	O estado de removido dos alertas não prevalece	A funcionalidade encontra-se disponível

Tabela 22 - Métrica de Avaliação para o fator Usabilidade

Dimensão	Funcionalidades			
Fator	Usabilidade			
		Wfk - Cumprimento (%)		
Requisito	Métrica de Avaliação	0	50	100
FU01 - A interação com a rede de operações deve ser fluida	Não podem ocorrer momentos de espera ou de corte de imagem quando Operador realiza operações de zoom	O fluxo de interação é lento	Em algumas situações o fluxo de interação é lento (grande volume de paragens)	O fluxo de interação é adequado
FU02 - A navegação entre os detalhes e panorama geral da rede de operações deve-se encontrar interligada	O Operador navega entre detalhes e rede completa sem ser necessário interagir com botões. Este fluxo de navegação estabelece-se por intermédio do mapa de operações presente nos detalhes e na dashboard	A interligação entre mapas não existe	A interligação estabelece-se apenas através de um dos componentes (rotas ou paragens)	A interligação entre mapas existe
FU03 - As mensagens de erro e de sucesso presentes na plataforma devem ser sucintas e explicativas	As mensagens de erro e de sucesso devem ocorrer nas devidas operações e as suas descrições devem ser sucintas	Não existem mensagens de erro ou de sucesso implementadas	As mensagens de erro e de sucesso encontram-se incompletas	Todas as mensagens encontram-se implementadas
FU04 - Em qualquer página o Operador deve encontrar-se possibilitado de fazer logout	A opção de logout deve encontrar-se "fixa", de forma a ser possível ao Operador ter acesso à mesma através de qualquer página da plataforma	Não implementado	-	Implmentado
FU05 - As páginas web que constituem a plataforma devem encontrar-se uniformizadas	A experiência de design deve ser semelhante em todas as páginas web. Fundos, cores, design de botões, tipos de fonte, logotipos, ícones e animações devem ser semelhantes.	Baixa similaridade	-	Alta similaridade
FU06 - Suporta vários idiomas (PT, EN e ES)	O Operador deve poder alterar o idioma do sistema	Não existe nenhuma opção de alteração de idioma inicial predefinido	Apenas se encontram alguns idiomas disponíveis	Todos os idiomas se encontram disponíveis
FU07 - A exportação dos relatórios deve englobar todos os dados presentes na customização de data definida pelo Operador	Os dados presentes nos relatórios exportados devem encontrar-se completos e de acordo com a data escolhida pelo Operador	Os dados não se encontram completos	-	Os dados encontram-se completos

Tabela 23 - Métrica de Avaliação para o fator Dados de Mobilidade

Dimensão	Funcionalidades			
Fator	Dados de Mobilidade (estáticos e dinâmicos)			
Requisito	Métrica de Avaliação	0	50	100
FDM01 - Os dados dinâmicos devem encontrar-se num estado de atualização constante	Os dados dinâmicos devem ser actualizados de forma constante de maneira a ser possível definirem-se como dados produzidos em tempo real	Não	-	Sim
FDM02 - Os cards que agregam os dados produzidos em tempo real devem alterar a sua "forma" sempre que os valores se alteram	Os Operadores devem se alertados sempre que ocorrem alterações nos dados dinâmicos. Assim, os cards que apresentam estes mesmos dados devem estender e diminuir sempre que sucedem alterações nos valores.	Não	-	Sim
FDM03 - Os dados estatísticos devem ser atualizados em tempo real	Os dados presentes no painel de estatísticas devem ter origem nos dados dinâmicos e por isso representam estatísticas atuais para o presente dia	Não	-	Sim
FDM04 - Os dados dinâmicos presentes nas paragens devem caracterizar a sua afluência atual	As paragens presentes na rede de operações dos Operadores devem conter uma tooltip onde deverá seguir informação relativa ao seu estado de afluência	Não	-	Sim
FDM05 - Os dados dinâmicos presentes nos cards devem caracterizar o fluxo geral subjacente à rede de operações	Os dados presentes nos cards devem conter os seguintes dados de mobilidade: número de passageiros a circular e tipo de bilhete com que circulam, total de passageiros que circulou, número e tipo de validações realizadas, receita gerada	Não	-	Sim
FDM05 - Os dados estáticos devem corresponder aos dados disponibilizados oficialmente pelas empresas de transportes (GTFS atualizado)	Dados de bilhética, horários, rede, paragens, rotas, entre outros, devem encontrar-se sempre atualizados	Não	Apenas para a rede, paragens e rotas	Sim

Tabela 24 - Métrica de Avaliação para os fatores Versatilidade, Manutenção, Segurança e Escalabilidade

Dimensão	Adaptabilidade			
Fator	Versatilidade, Manutenção, Segurança e Escalabilidade			
Requisito	Métrica de Avaliação	0	50	100
AV01 - Plataforma responsiva e preparada para dispositivos com ecrãs dentro das seguintes gamas: monitores, portáteis e tablets	O nível de responsividade da plataforma na gama de ecrãs: monitores, portáteis e tablets é adequada	Não	Apenas se adequa a alguns dos ecrãs	Sim
AV02 - Preparado para os seguintes browsers: Google Chrome, Firefox, Safari e Opera	O design e fluxo da plataforma comporta-se de forma estável nos seguintes browsers: Chrome, Firefox, Safari e Opera	Não	Apenas para alguns dos browsers definidos	Sim
AV03 - O idioma por defeito que o sistema adopta corresponde ao idioma definido no dispositivo de acesso	O idioma definido no dispositivo do Operador deve corresponder ao idioma de entrada na plataforma	Não	-	Sim
AV04 - A plataforma permite que o Operador altere os seus dados de registo	O email e password podem ser alterados	Não	Apenas um deles pode	Sim
AV05 - A plataforma permite a existência de contas com mais do que uma empresa de transportes associada	Operadores que pertencem a empresas de transportes que englobam mais do que um tipo de ficheiro GTFS de operações devem conter uma conta que apresente todas as suas operações	Não	-	Sim
AM01 - O registo de uma empresa de transportes depende unicamente da existência de um ficheiros GTFS	Os ficheiros GTFS são o principal "monotor" de criação de contas na plataforma	Não	-	Sim
AS01 - As passwords dos Operadores seguem um processo de encriptação proveniente do Firebase	O processo de encriptação das passwords passa unicamente pelos serviços do Firebase não sendo este público	Não	-	Sim
AS02 - Os dados de mobilidade apresentados aos Operadores não identificam os passageiros	Todos os dados apresentados aos Operadores devem apenas contemplar fluxos de mobilidade e não caracterizar de forma individual os passageiros	Não	-	Sim
AE01 - Os servidores utilizados quer para a base de dados quer para a plataforma são escaláveis	Os servidores de hospedagem quer da plataforma quer da base de dados devem possibilitar a sua escalabilidade	Não	-	Sim

Tabela 25 - Métrica de Avaliação para os fatores Rede de Operações e Navegação

Dimensão	Eficiência			
Fator	Rede de Operações e Navegação			
		Wfk - Cumprimento (%)		
Requisito	Métrica de Avaliação	0	50	100
ER01 - Para redes com várias operações o desempenho do carregamento dos dados mantém-se	O tempo de carregamento de redes com várias operações deve ser similar ao tempo de carregamento de redes com apenas uma única operação	Não	-	Sim
ER02 - O carregamento das paragens deve ser um processo independente e não despoletado ao mesmo tempo que o carregamento das rotas	As paragens apresentam uma maior dimensão comparadas com as rotas e por isso o seu processo de carregamento deve ser despoletado através de um zoom in, onde apenas as paragens da zona são carregadas	Não	-	Sim
ER03 - A performance de carregamento da rede de operações é a ideal	O carregamento de qualquer rede de operações não deve exceder os 10 segundos	Não	Apenas para algumas redes	Sim
EN01 - A plataforma possui uma boa estrutura e permite que os Operadores acedam às suas funcionalidades de maneira intuitiva	O Operador deve ter uma experiência fluida sobre as funcionalidades da plataforma, sendo que o seu tempo de espera entre operações não deve exceder os 10 segundos	Não	-	Sim
EN02 - A interface da plataforma apresenta um nível de responsividade rápido, contempla animações de interação e disponibiliza informações de progresso e insucesso	A plataforma deve apresentar um nível de responsividade adequado ao ecrã, as animações devem ser ajustadas às funcionalidades, e sempre que necessário o sistema deve informar o Operador de qualquer situação	Não	Existem pontos incompletos e por abordar	Sim
EN03 - Os erros de internet, tempo de sessões e problemas de conexão associados aos serviços externos devem ser bem tratados	Qualquer erro inesperado deve ser apresentados ao Operador através de uma mensagem clara sobre o sucedido	Não	Não na totalidade dos casos	Sim
EN04 - Sistema de navegação entre funcionalidades permite o controlo total dos Operadores	Todas as ações devem ser despoletadas através da interação do Operador. As ações automáticas não devem existir.	Não	-	Sim