



Departamento de Engenharia Informática
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade de Coimbra



Instituto Pedro Nunes
Laboratório de Informática e Sistemas
Coimbra

Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia Informática

Relatório Final

31-08-2012

SISTEMA COLABORATIVO DE INFORMAÇÃO AO PASSAGEIRO

Autor:

Gonçalo Nuno Branco Neves Ferrão
gferrao@student.dei.uc.pt

Orientadores:

Prof. Doutor Carlos Lisboa Bento
bento@dei.uc.pt

Eng. Alcides Marques
alcides.marques@ipn.pt

Resumo

Num panorama em que a mobilidade urbana é cada vez menos sustentável, é inequívoca a necessidade de encontrar soluções para esta problemática nas tecnologias de informação. À medida que os *smartphones* se massificam e as redes sociais entram no quotidiano da população, surge a oportunidade de utilizar estes meios para garantir um melhor serviço aos utentes de transportes colectivos de passageiros. Assim, neste projecto de estágio, é proposto o desenvolvimento de um sistema de informação móvel, integrado numa plataforma que abrange outros serviços para a mobilidade, com uma componente social e colaborativa. Com este sistema, pretende-se que os utilizadores usufruam de informação em tempo-real, sendo esta não só disponibilizada pelas operadoras de transportes, como partilhada por outros utentes que utilizem a aplicação.

O presente relatório tem como objectivo dar a conhecer o trabalho desenvolvido pelo aluno Gonçalo Ferrão na disciplina de “Dissertação/Estágio” do Mestrado em Engenharia Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, no ano lectivo de 2011/2012.

Palavras-Chave

“android”, “aplicação móvel”, “mobilidade”, “sistema colaborativo”, “sistema de informação ao passageiro”

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Motivação	2
1.3. Objectivos	2
2. Estado da Arte	5
2.1. Andropas	6
2.2. OneBusAway	7
2.3. Öffi – Public Transport Buddy.....	7
2.4. Massachusetts Bay Transportation Authority	8
2.4.1. AnyStop MBTA.....	9
2.4.2. Boston BusMap	9
2.4.3. Catch The Bus.....	10
2.5. Waze.....	11
2.6. Tabela Comparativa	13
2.7. Conclusões	15
3. Requisitos e Especificação Funcional	17
3.1. User Stories	17
3.2. Requisitos Não-Funcionais.....	17
3.2.1. Requisitos de Usabilidade	18
3.2.2. Requisitos de Fiabilidade	18
3.2.3. Requisitos de Suportabilidade.....	18
3.3. Protótipo de Baixa Fidelidade.....	19
4. Arquitectura	23
4.1. Visão de Nível 0.....	23
4.2. Visão de Nível 1.....	24
4.3. Modelos de Dados	25
4.3.1. Conceitos	25
4.3.2. Casos de Uso	25
4.3.3. Modelos	25
4.4. API de Traces e Check-ins	28
4.4.1. Funcionalidades	28
4.4.2. Fluxos	32
4.5. Outras APIs	35

4.5.1. OAuth	35
4.5.2. GTFS	35
4.5.3. POIs	36
4.5.4. Activity Stream	36
5. Planejamento	39
5.1. Plano de Estágio.....	39
5.1.1. Primeiro Semestre.....	39
5.1.2. Segundo Semestre.....	40
5.2. Análise de Riscos e Plano de Contingência	41
6. Notas Finais.....	43
7. Referências	45

Índice de Figuras

Figura 1 - Ecrãs da aplicação Andropas	6
Figura 2 - Ecrãs da aplicação OneBusAway para Android	7
Figura 3 - Ecrãs da aplicação Öffi	8
Figura 4 - Ecrãs da aplicação AnyStop	9
Figura 5 - Ecrãs da aplicação Boston BusMap	10
Figura 6 - Ecrãs da aplicação Catch The Bus para iOS	11
Figura 7 - Ecrãs da aplicação Waze para Android	12
Figura 8 - <i>Mockup</i> do ecrã principal da aplicação	19
Figura 9 - Exemplos de <i>mockups</i> numa primeira versão	20
Figura 10 - Exemplos de <i>mockups</i> na sua última versão	21
Figura 11 - Protótipo de um ecrã com mapa	21
Figura 12 - Perspectiva física da arquitectura (nível 0)	23
Figura 13 - Perspectiva estática da arquitectura (nível 1)	24
Figura 14 - Modelo de dados GTFS	26
Figura 15 - Modelo de dados de Traces	27
Figura 16 - Modelo de dados de POI Check-ins	28
Figura 17 - Fluxo de criação de um <i>Trace</i>	32
Figura 18 - Fluxo alternativo de criação de um <i>Trace</i>	33
Figura 19 - Fluxo de criação de um <i>Trace Check-in</i>	33
Figura 20 - Fluxo de criação de um <i>POI Check-in</i>	34
Figura 21 - Planeamento para o primeiro semestre	40
Figura 22 - Execução do planeamento do primeiro semestre	40
Figura 23 - Planeamento para o segundo semestre	41

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Comparativo das aplicações móveis analisadas.....	14
Tabela 2 - Lista de <i>user stories</i>	17
Tabela 3 - Lista de requisitos de usabilidade	18
Tabela 4 - Lista de requisitos de fiabilidade	18
Tabela 5 - Lista de requisitos de suportabilidade	19
Tabela 6 - Riscos actuais do projecto	42

Tabela de Acrónimos

API	<i>Application Programming Interface</i>
GIS	<i>Geographic Information Systems</i> (Sistemas de Informação Geográfica)
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
HTTP	<i>HyperText Transfer Protocol</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
MBTA	Massachusetts Bay Transportation Authority
OST	One.Stop.Transport
POI	<i>Point Of Interest</i> (Ponto de Interesse)
REST	<i>REpresentational State Transfer</i>
SMTUC	Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
TICE	Tecnologias de Informação, Comunicação e Electrónica
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
XMPP	<i>eXtensible Messaging and Presence Protocol</i>

1. Introdução

Neste capítulo, introduz-se o estágio, começando-se por descrever o projecto em que se inseriu e a motivação para o trabalho desenvolvido. De seguida, apresentam-se os objectivos propostos no início do estágio.

1.1. Enquadramento

O projecto TICE.Mobilidade, em que esteve inserido o estágio, é um dos projectos âncora inserido no pólo TICE.PT. Este foi reconhecido como Pólo de Competitividade e Tecnologia em 30 de Janeiro de 2009, e estão-lhe associados outros projectos âncora e complementares como factores essenciais para a consecução da sua missão e objectivos. O Cluster TICE.PT tem como missão construir uma plataforma de concertação que envolva e mobilize os principais actores das Tecnologias de Informação, Comunicação e Electrónica (TICE) nos processos de Inovação, investigação e desenvolvimento tecnológico, transferência de conhecimento, formação avançada, desenvolvimento, produção e comercialização de produtos e serviços, *marketing* e internacionalização.

O objectivo do TICE.Mobilidade é encontrar novas soluções para o transporte urbano, mais eficientes e abrangentes, através do uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) que permitam integrar as várias soluções disponíveis, de uma forma ecológica, energeticamente eficiente e com mais qualidade para o utente, em coordenação e cooperação com outras iniciativas nacionais.

Este projecto resulta de um esforço conjunto de 29 parceiros, que se dispõem a criar um ecossistema de aplicações para a mobilidade, suportadas numa arquitectura baseada em serviços. Neste contexto, o Instituto Pedro Nunes é responsável por garantir a correcta implementação de vários subprojectos, destacando-se a One.Stop.Transport (OST), uma plataforma digital de aquisição, tratamento e análise de dados facilitadora de serviços de mobilidade em ambiente urbano.

A plataforma terá a possibilidade de agregar e registar novos serviços ao longo do tempo, que tirem partido da oferta de dados existentes nesta e contribuam para aproximar o fornecedor de serviços ao cliente final. Cada serviço poderá ser explorado por uma entidade diferente e seguir um modelo de negócio próprio.

A plataforma OST integrará dados heterogéneos nas operações de planeamento, proveniente de operadoras de comunicações (localização e fluxos), de autoridades locais (fluxo de trânsito, zonas de trânsito condicionado), concessionárias de auto-estradas, entre outros.

Serão disponibilizadas interfaces avançadas com o utilizador, tirando partido da Web 2.0 e da elevada taxa de penetração de dispositivos móveis com acesso à Internet em Portugal [1]. O projecto pretende explorar os benefícios da comunicação bidireccional entre o fornecedor de serviços e o cliente. Por exemplo, o utilizador poderá ter no seu telemóvel um plano intermodal actualizado ao segundo, receber sugestões de

mobilidade e segurança, verificar a disponibilidade de parques de estacionamento, ou mesmo enviar informações sobre comodidades da cidade, eventos, notícias e fotos.

1.2. Motivação

Este projecto terá impacto numa evolução para uma mobilidade embebida na vida urbana diária e centrada no utilizador, que possa, por um lado, combater as necessidades geradas pelo crescimento da população urbana, e, por outro, introduzir opções de mobilidade sustentável a longo prazo.

Os dados estatísticos da União Europeia dão conta da importância do sector dos transportes. Os custos associados aos engarrafamentos resultam num desperdício de 1% do produto interno bruto europeu todos os anos [2]. Segundo dados de 2009 [3], os transportes são responsáveis por 33% da energia consumida e 20% das emissões de gases com efeito estufa. Este sector diz ainda respeito a um mercado que representa, na Europa, 4,6% do produto interno bruto e mais de 10 milhões de empregos directos [2].

O projecto pretende tirar partido das TIC para otimizar as soluções de mobilidade já existentes, apresentando interfaces avançadas com o utilizador, que contribuam para credibilizar e aumentar a taxa de adopção dos transportes públicos em Portugal. Ao sincronizar as potencialidades das TIC com os transportes públicos, o projecto terá um claro impacto na evolução para uma mobilidade embebida na vida urbana diária e centrada no utilizador.

Um exemplo de um projecto na mesma linha do TICE.Mobilidade é o projecto “Helsinki Metropolitan Area Council”, que também permite a disponibilização de um conjunto de serviços de mobilidade. Estes serviços tiveram um impacto significativo na economia da região, aumentando a cooperação entre as quatro cidades abrangidas – Helsínquia, Espoo, Vantaa e Kauniainen.

Apesar de, numa primeira fase, este projecto pretender explorar uma pequena região metropolitana para validar o modelo, numa segunda fase prevê-se que o projecto tenha um impacto inter-regional quando forem adicionadas outras regiões.

1.3. Objectivos

O objectivo do estágio passa por desenvolver um sistema de informação móvel, suportada pela plataforma OST, através da qual os utentes de transportes colectivos possam consultar informação sobre o serviço prestado pelas operadoras. Além disso, a aplicação deverá ter funcionalidades colaborativas, na qual os utilizadores contribuem com informação sobre a rede de transportes. Esta componente será suportada por um novo módulo da plataforma, também desenvolvido pelo estagiário, que fica assim dotada de uma componente *crowdsourcing* que poderá também ser utilizada no desenvolvimento de outras aplicações ou serviços.

Este sistema insere-se em três importantes mercados do actual panorama tecnológico: a aglomeração e disponibilização de dados georreferenciados, as aplicações móveis e as redes sociais. O que se pretende é disponibilizar aos utilizadores de transportes

colectivos informação relevante e actualizada, numa aplicação com um alto nível de usabilidade. Entre as possíveis funcionalidades a implementar estão a visualização de um mapa informativo, com a localização geográfica dos veículos em tempo-real, e a consulta de linhas, horários e tarifários de determinadas operadoras. Contempla ainda um componente colaborativo entre os utilizadores, onde estes poderão partilhar a sua localização, associada a transportes e outros pontos de interesse. Desta forma, os utilizadores servem como uma fonte de dados não oficiais da plataforma.

Esta aplicação servirá como uma prova de conceito do projecto, e representa um importante contributo para a descrição de casos de uso, para os requisitos em termos de informação, e para o modelo de dados da plataforma. O objectivo da implementação deste cenário é que o mesmo conduza a uma primeira versão da plataforma num horizonte temporal próximo, permitindo identificar desafios e obstáculos numa fase inicial do desenvolvimento, propiciando, de igual forma, demonstrações do protótipo da plataforma mais cedo.

A implementação deste cenário poderá levantar desafios em várias dimensões: disponibilidade de dados, actualidade e qualidade dos dados, arquitectura da plataforma, mecanismos e protocolos de comunicação, modelo de dados, visualização de dados e modelo de negócio.

2. Estado da Arte

Neste capítulo apresenta-se o estudo que foi realizado numa parte inicial do estágio, de forma a enquadrar o projecto no panorama actual, e tomar as primeiras decisões relativas ao desenvolvimento da aplicação móvel.

Em primeiro lugar, foi avaliada a possibilidade de utilização de ferramentas de desenvolvimento multiplataforma. Deste estudo, concluiu-se que a melhor opção seria desenvolver a aplicação nativamente, sem recurso a uma ferramenta deste género. Foi ainda analisado o mercado de sistemas operativos móveis, sobre o qual se concluiu que a aplicação iria ser desenvolvida para sistemas Android. Estes estudos estão mais pormenorizadamente descritos nos anexos a este documento.

Posteriormente, foram estudadas e comparadas aplicações móveis para a mobilidade já existentes no mercado, análise que se apresenta ao longo deste capítulo.

À medida que as operadoras de transportes de passageiros se vão modernizando, vão surgindo cada vez mais aplicações relacionadas com a área. Dessa modernização faz parte a geolocalização de veículos em tempo-real e a disponibilização destes dados a terceiros, que desenvolvem sistemas baseados nos mesmos. O resultado consiste em aplicações e serviços que servem tanto o utilizador final como a própria operadora, que pode até conquistar novos utentes, uma vez que dados deste tipo dão um maior potencial à criação de serviços de qualidade comparativamente aos dados estáticos normalmente disponibilizados. Estes sistemas são geralmente designados por *Advanced Traveler Information Systems*.

Com a crescente utilização de *smartphones* em todo o mundo, é importante que as operadoras de transportes estejam representadas no mercado das aplicações móveis, essencialmente nas principais plataformas. Estes sistemas de informação móveis dependem directamente dos dados disponibilizados pelas operadoras, entidades reguladoras e instituições governamentais, existindo já vários exemplos desta sinergia. Muitas aplicações consistem num calculador de rotas, na apresentação de horários estáticos, ou em simples diagramas representativos das linhas do serviço. No conjunto das aplicações testadas encontram-se, no entanto, outro tipo de funcionalidades, como as listadas abaixo.

- Visualização de veículos, em tempo-real, no mapa;
- Visualização de linhas e paragens no mapa;
- Pesquisa de linhas e paragens;
- Pesquisa de pontos de interesse;
- Estimativas de tempos de espera;
- Gestão de paragens e linhas favoritas;
- Compra e representação de bilhetes;
- Recepção e envio de alertas;
- Agendamento de alarmes.

Neste capítulo apresenta-se a análise de alguns casos de sucesso, efectivamente testados no dispositivo móvel Android disponível, que têm como denominador comum a utilização de dados em tempo-real.

2.1. Andropas

A aplicação Andropas [4], desenvolvida pela Akiware [5] para Android, calcula rotas na cidade de Helsínquia, Finlândia. Para além disto, o Andropas tem informação relativa a excepções no serviço como, por exemplo, um acidente que atrasou um autocarro ou uma greve que causou a suspensão temporária de uma linha. A versão paga (2,99 EUR) inclui ainda a possibilidade de guardar paragens e linhas favoritas e de ver todas as paragens num mapa.

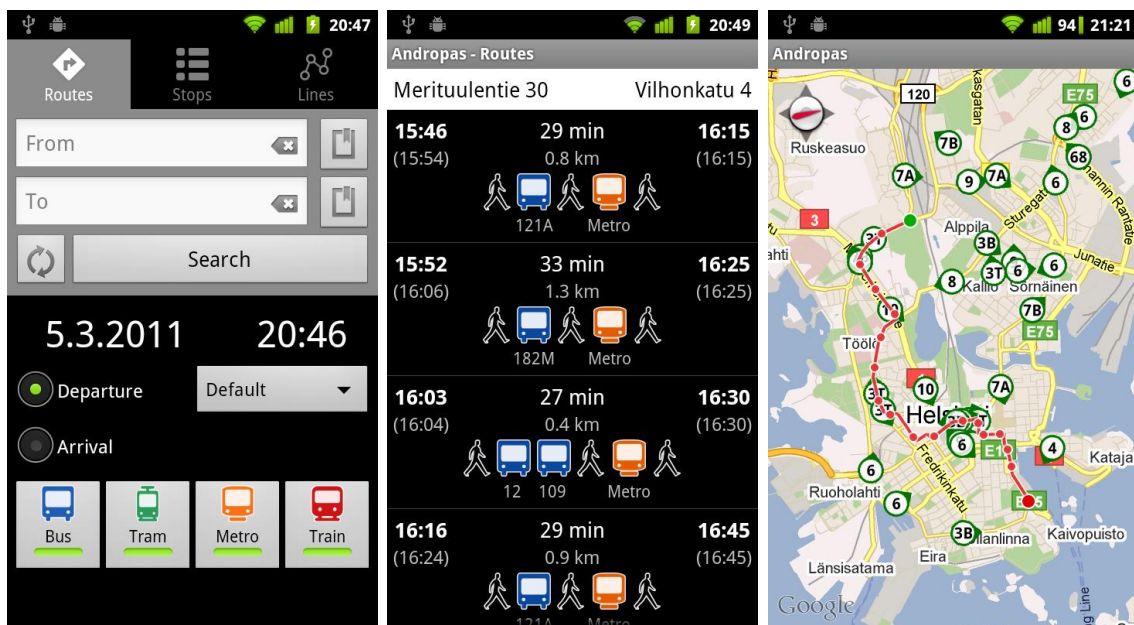


Figura 1 - Ecrãs da aplicação Andropas

O ecrã inicial, à esquerda (Figura 1), apresenta um formulário para o cálculo de rotas. Este formulário apresenta as seguintes opções: os pontos de partida e destino, data e hora, preferência de rota (mais rápido, com menos mudanças de transporte ou menor distância pedestre) e meio(s) de transporte pretendidos. Como alternativa, inclui ainda o cálculo de rotas em ciclovias. Os locais de partida ou destino podem ser definidos através da localização actual do utilizador, de um ponto no mapa, ou da lista de contactos.

O resultado de um cálculo, apresentado ao centro (Figura 1), dispõe as alternativas encontradas para a rota pretendida. Ao escolher uma destas, o utilizador tem acesso aos detalhes de cada uma das etapas da rota: a hora de partida, a duração, a distância e o meio de transporte, assim como as paragens correspondentes. Ao clicar numa das etapas, é apresentado um mapa, centrado na mesma, com toda a rota desenhada. Os diferentes meios de transporte, incluindo caminho pedonal, estão distinguidos por cores.

O ecrã à direita (Figura 1) corresponde ao mapa onde são visualizados os *trams* (eléctricos) e alguns autocarros em tempo-real. Estes dados, que não cobrem a totalidade dos transportes, são disponibilizados pela autoridade de transportes da região de Helsínquia, a HSL [6].

2.2. OneBusAway

O OneBusAway [7] é um conjunto de ferramentas que fornece informação em tempo-real relativa aos transportes da região de Puget Sound, nos Estados Unidos da América. Estas ferramentas são disponibilizadas por diferentes interfaces: aplicações Web, aplicações móveis para diferentes plataformas, serviço telefónico e serviço de mensagens escritas.

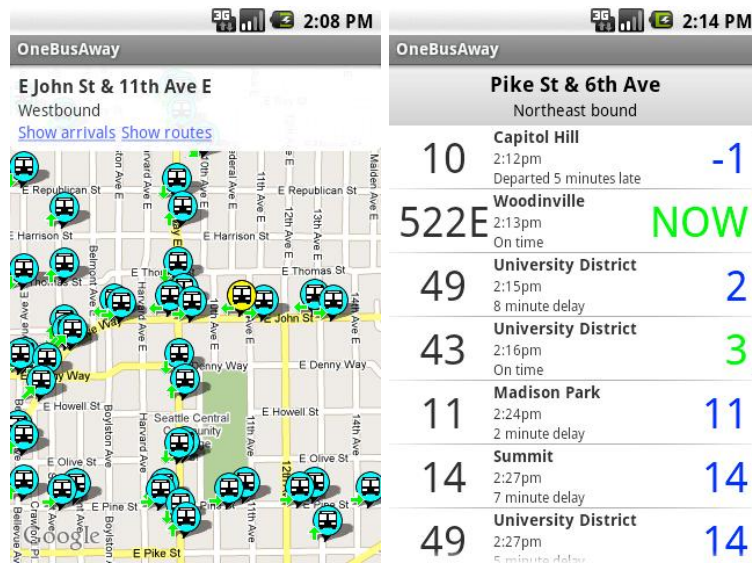


Figura 2 - Ecrãs da aplicação OneBusAway para Android

Na aplicação móvel, analisada num dispositivo Android, são visíveis num mapa as paragens de autocarro, a azul na figura (Figura 2). Ao seleccionar uma paragem, o utilizador pode saber que linhas servem a mesma e qual a lista dos próximos autocarros a chegar. São utilizados dados em tempo-real que revelam se cada autocarro está atrasado ou adiantado em relação ao horário estipulado, e a correspondente estimativa do tempo de espera, como se pode ver na lista representada à direita na imagem (Figura 2). Existe ainda um sistema de pesquisa de paragens e de linhas, que podem ser assinaladas como favoritas, ou às quais podem ser associados alarmes.

2.3. Öffi – Public Transport Buddy

O Öffi [8] é uma aplicação Android que se divide em três módulos:

- Directions – calcula rotas entre dois pontos, utilizando vários tipos de transporte se necessário;

- Network – apresenta imagens com representações gráficas dos serviços de transporte de algumas cidades como, por exemplo, o metropolitano de Paris ou de Londres;
- Stations – indica, com base na posição do dispositivo móvel, as estações ou paragens mais próximas, e qual a direcção das mesmas. Inclui ainda informação de quais os próximos transportes a partir de cada uma.

Dado ter origem alemã, a aplicação contempla informação mais pormenorizada sobre serviços da Europa central e de leste. No entanto, a sua cobertura vai mais além, contendo inclusivamente os horários dos transportes ferroviários portugueses.

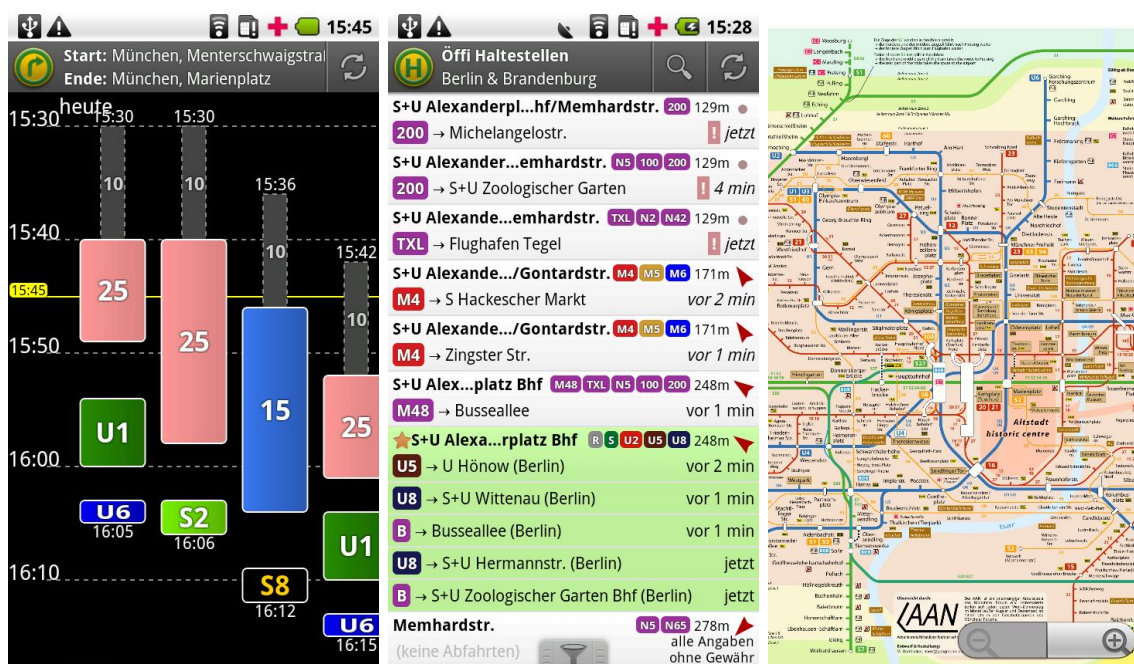


Figura 3 - Ecrãs da aplicação Öffi

A imagem (Figura 3) mostra, à esquerda, vários resultados de um cálculo de rota numa tabela horária. Os diferentes meios de transporte estão distinguidos por cores. Ao meio, são apresentadas as estações mais próximas do dispositivo, por distância, quais as próximas linhas a partir das mesmas, e qual a sua direcção (seta vermelha). À direita está um exemplo de uma representação estática das linhas de uma operadora, disponível no módulo Network.

2.4. Massachusetts Bay Transportation Authority

A Massachusetts Bay Transportation Authority [9] (MBTA) é a operadora dos transportes públicos da cidade de Boston, nos Estados Unidos da América, e disponibiliza gratuitamente os seus dados em tempo-real. Devido a este facto, já foram desenvolvidas dezenas de aplicações [10] em torno desses dados, para vários tipos de plataformas, tanto por empresas como por particulares. De seguida descrevem-se três destas aplicações.

2.4.1. AnyStop MBTA

O AnyStop [11], da BlinkTag Inc. [12], é um conjunto alargado de aplicações Android que presta serviço aos utentes de transportes de passageiros, essencialmente nos Estados Unidos da América, mas também no Canadá e Austrália. À altura da redacção deste documento foram encontradas 121 aplicações AnyStop no Android Market [13], cada uma correspondente a uma operadora diferente. Uma delas é o AnyStop MBTA, relacionada com os transportes da cidade de Boston.

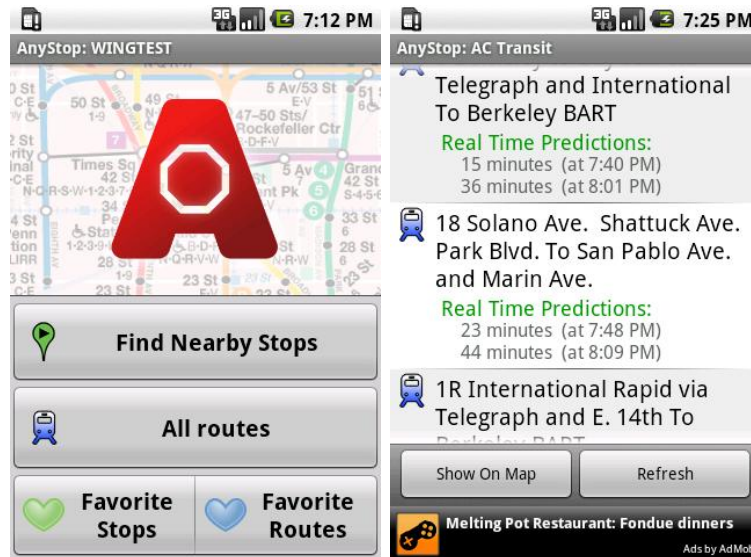


Figura 4 - Ecrãs da aplicação AnyStop

Todas as aplicações AnyStop seguem o mesmo *design* (Figura 4), mas cada uma lida com dados diferentes, consoante a operadora em questão. Cada aplicação permite, para o seu raio de acção, pesquisar as paragens em torno de um ponto, e guardar as favoritas do utilizador. Os detalhes de cada paragem incluem uma previsão de chegada dos veículos de cada linha segundo o horário estipulado ou, quando disponíveis, segundo dados em tempo-real. As previsões são fornecidas fundamentalmente pelo projecto NextBus [14], mas também importadas de outras fontes de acesso livre. É ainda possível ver a localização de cada paragem no mapa.

2.4.2. Boston BusMap

A aplicação Boston BusMap [15], entretanto já replicada para outras cidades [16], é outra das aplicações que utiliza dados fornecidos pela MBTA. Entre as aplicações para Android, o Boston BusMap é uma das mais utilizadas, a par do AnyStop MBTA.

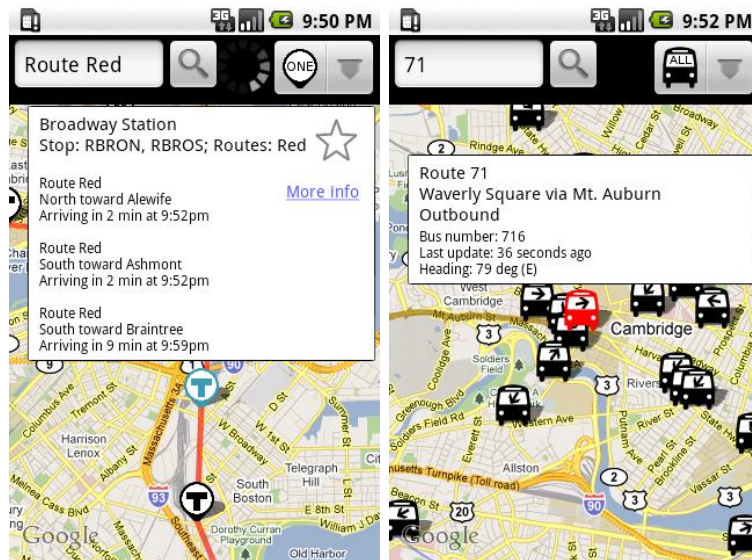


Figura 5 - Ecrãs da aplicação Boston BusMap

Esta aplicação permite ver paragens no mapa e informação sobre os próximos autocarros de cada uma, como exemplificado à esquerda na imagem (Figura 5). Nem todas as paragens têm esta informação em tempo-real. Cada uma delas pode ainda ser assinalada como uma paragem favorita.

Também os autocarros podem ser visualizados no mapa, em tempo-real, como mostra o ecrã à direita (Figura 5). Pelo que foi perceptível no teste da aplicação, a posição de cada autocarro é actualizada individualmente em intervalos de 60 a 70 segundos.

2.4.3. Catch The Bus

Esta aplicação [17] reúne a utilização dos dados georreferenciados disponibilizados pela MBTA com as previsões para cada paragem calculadas pelo NextBus. É uma aplicação paga (0,72 EUR), com suporte para Android e iOS. Para além de Boston, também a cidade de San Francisco está contemplada.

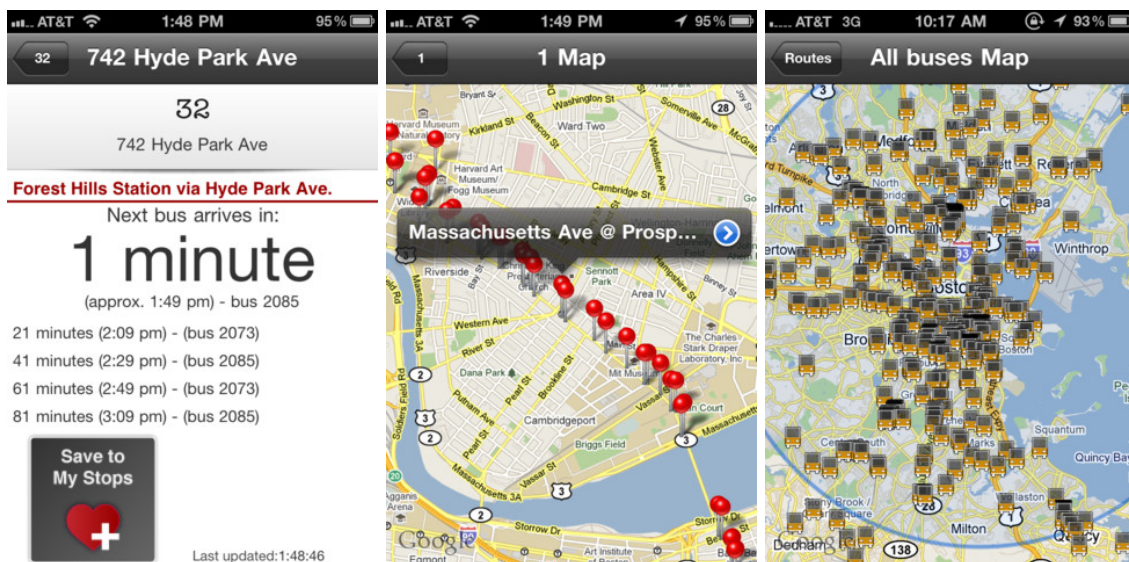


Figura 6 - Ecrãs da aplicação Catch The Bus para iOS

À semelhança das aplicações já analisadas, também esta apresenta estimativas para os tempos de chegada de cada autocarro às paragens correspondentes, como apresentado à esquerda na imagem (Figura 6). Da informação de cada linha do serviço faz parte a visualização das suas paragens no mapa, mostrado ao meio (Figura 6). Inclui ainda um mapa com a localização dos autocarros em tempo-real, à direita na figura (Figura 6), e a gestão das paragens favoritas.

2.5. Waze

Esta aplicação distingue-se das anteriormente analisadas por não ter que ver com transportes colectivos, mas está contemplada neste estudo devido à sua componente social. A aplicação móvel Waze [18], disponível para iOS, Android, BlackBerry OS, Symbian e Windows Mobile, é um sistema colaborativo de informação sobre tráfego rodoviário, estimando-se que tenha mais de 7 milhões de utilizadores em todo o mundo [19].

Esta aplicação necessita de ligação à Internet, assim como de conectividade com o Sistema de Posicionamento Global (GPS), e conta com as habituais funcionalidades de um *software* de navegação, como o cálculo de rotas e pesquisa de moradas. No entanto, é a componente social que lhe dá um valor distintivo. O conhecimento colectivo dos utilizadores serve como um sensor de informação acerca do mapa de estradas e da situação do tráfego em cada momento.

O mapa da aplicação é dinâmico. Ao conduzir com a aplicação aberta, cada utilizador está a fornecer passivamente um conjunto de pontos por onde passa. Quando dois ou mais utilizadores passam pela mesma estrada, a plataforma do sistema consegue formar um desenho mais preciso da mesma e actualizar o mapa. Este mapa é depois disponibilizado *online*, onde os utilizadores podem contribuir com pequenas correcções, como completar o desenho de uma estrada, ou com uma nova informação, como actualizar o nome de uma rua ou de um ponto de interesse.

Uma forma mais activa de contribuir é enviar informação voluntariamente enquanto se conduz. Ao encontrar, por exemplo, uma estrada incompleta no mapa, o utilizador pode assinalar o erro para que alguém, inclusive o próprio utilizador, o possa corrigir mais tarde. Em alternativa, o utilizador pode, ao chegar a uma estrada que não existe no mapa, gravar o caminho percorrido, sendo este enviado para a plataforma e disponibilizado para o resto da comunidade. A Figura 7 mostra alguns ecrãs da versão Android da aplicação.

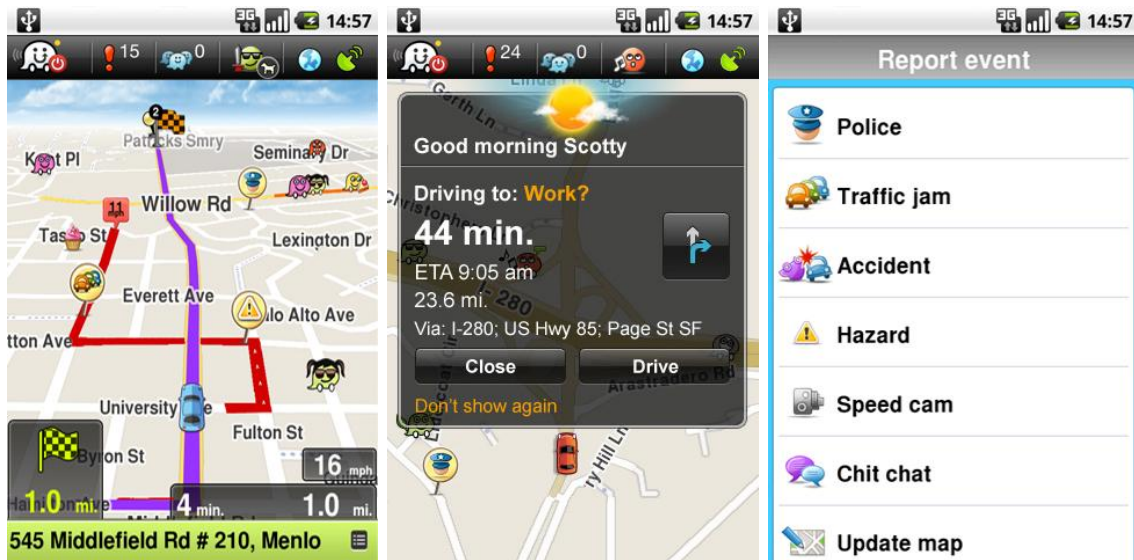


Figura 7 - Ecrãs da aplicação Waze para Android

À esquerda (Figura 7) mostra-se o ecrã de navegação, sendo a posição actual do utilizador representada pelo carro azul. O trajecto a roxo mostra a rota calculada e as informações correspondentes são apresentadas no fundo do ecrã: o tempo e distância até ao destino e a velocidade actual. O trajecto a vermelho indica que outro utilizador fez a uma baixa velocidade, alertando os restantes que pode haver complicações no trânsito. Os ícones espalhados pelo mapa correspondem à posição de outros utilizadores, assim como alertas enviados pelos mesmos. Estes alertas, listados no ecrã à direita (Figura 7), podem dizer respeito à presença de operações policiais, engarrafamentos, acidentes, radares de velocidade, obras na estrada, entre outros.

De forma a motivar os utilizadores a contribuir para a comunidade, são atribuídos pontos a cada utilizador através da sua utilização da aplicação e da sua participação, à semelhança de um jogo. Quantos mais pontos o utilizador tiver, maior é o seu nível, existindo ainda uma classificação actualizada diariamente que compara todos os utilizadores.

Outros aspectos da componente social da aplicação são a possibilidade de formar grupos de utilizadores, estabelecer conversas com outros utilizadores, e ainda ligar a conta ao Facebook [20] e ao Twitter [21] para partilha de informação. A versão 3, disponível para iOS, já tem ligação com o Foursquare [22], um sistema comunitário de informação acerca de pontos de interesse.

2.6. Tabela Comparativa

Apresenta-se de seguida uma tabela que compara as várias aplicações analisadas anteriormente, excepto a aplicação Waze, por esta não se qualificar no mesmo âmbito. As aplicações estão comparadas segundo os seguintes critérios:

- Android/iOS/Windows Phone – estas linhas indicam se a aplicação está disponível em cada uma destas plataformas;
- Cálculo de rotas – uma característica comum em aplicações deste tipo é a capacidade de calcular itinerários compostos pela rede transportes a que diz respeito. Algumas aplicações incluem ligações pedonais;
- Localização GPS/GSM – o uso de GPS para determinar a posição do dispositivo permite ao utilizador visualizar a sua posição no mapa, e fazer pesquisas em função dessa posição. Em alternativa, a localização do dispositivo móvel pode ser feita através da rede GSM, embora com menor precisão;
- Multi-operadora – cada aplicação pode lidar apenas com uma operadora de transportes colectivos ou com várias. Algumas trabalham com operadoras de diferentes tipos de transporte, entre os quais o rodoviário, o ferroviário e o metropolitano;
- Dados em tempo-real – os dados em tempo-real permitem à aplicação apresentar estimativas de tempos de espera com um maior nível de precisão tendo em conta a localização dos veículos a cada instante;
- Mapa em tempo-real – com dados georreferenciados em tempo-real à disposição, é possível construir a cada instante o mapa dos veículos em serviço, e indicar a direcção do movimento dos mesmos;
- Gestão de favoritos – a disponibilização de um sistema para guardar paragens e linhas favoritas permite que os utilizadores evitem pesquisas redundantes numa utilização regular da aplicação;
- Alertas das operadoras – por vezes existem situações excepcionais no serviço como, por exemplo, uma linha temporariamente suspensa ou um acidente na via de circulação passível de causar um atraso;

- Alarmes – a utilização de alarmes permite que os utilizadores sejam avisados, por exemplo, de qual a paragem em que devem sair do transporte. Pode ainda existir uma agenda na qual os utilizadores requisitam ser avisados, por exemplo, cinco minutos antes de determinado autocarro chegar a uma paragem específica;
- Sistema colaborativo – num sistema colaborativo os utilizadores podem eles próprios enviar alertas acerca do estado da rede de transportes, em benefício das operadoras e da restante comunidade de utilizadores.

Na última coluna da tabela abaixo (Tabela 1) estão indicadas as características do sistema desenvolvido, de forma a comparar o mesmo com as aplicações analisadas.

	Andropas	OneBusAway	Offi	AnyStop	Boston BusMap	Catch The Bus	
Android	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
iOS	✗	✓	✗	✗	✗	✓	No futuro
Windows Phone	✗	✓	✗	✗	✗	✗	No futuro
Cálculo de rotas	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗
Localização GPS/GSM	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Multi-operadora	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓
Dados em tempo-real	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mapa em tempo-real	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓
Gestão de favoritos	Versão paga	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Alertas das operadoras	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓
Alarmes	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
Sistema colaborativo	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓

Tabela 1 - Comparativo das aplicações móveis analisadas

A aplicação foi desenvolvida em primeiro lugar para Android pelas razões referidas nos anexos a este relatório, onde se apresenta uma investigação acerca do mercado de sistemas operativos móveis. O desenvolvimento para iOS e Windows Phone está previsto para o futuro.

O cálculo de rotas, por questões relacionadas com especificidades e constrangimentos do projecto às quais a equipa de desenvolvimento está alheia, não faz parte dos requisitos da aplicação a desenvolver, pelo menos numa primeira fase. No entanto, este é um serviço expectável na plataforma OST, e que poderá ser integrado na aplicação móvel mais tarde.

2.7. Conclusões

A maioria das aplicações móveis relacionadas com a utilização de transportes colectivos de passageiros, descarregadas e testadas em laboratório, limitavam-se ao cálculo de rotas através de dados estáticos provenientes das operadoras. Entre estas encontravam-se aplicações de operadoras portuguesas, nomeadamente a Carris – que se limita a mostrar uma versão móvel do seu *website* –, o Metropolitano de Lisboa e o Metro do Porto, e só esta última tem notícias sobre o estado da rede em tempo-real.

Para uma análise mais aprofundada foram escolhidas aplicações que utilizam dados em tempo-real. Todas as aplicações testadas fazem uso dos componentes de geolocalização do dispositivo, de forma a relacionar a posição do utilizador com o mapa de paragens e transportes. Isto permite, por exemplo, fazer uma pesquisa por proximidade. Outra característica transversal é a gestão de favoritos.

Como é visível na tabela comparativa (Tabela 1), a aplicação mais completa entre as analisadas é o Andropas. Apresenta funcionalidades interessantes do ponto de vista do utilizador, entre as quais o cálculo de rotas multimodais (e respectiva representação no mapa) e a visualização dos veículos em tempo-real, apesar de esta não incluir todos os tipos de transporte. No entanto, a aplicação apresenta algumas deficiências ao nível da usabilidade e do *design* gráfico.

A aplicação desenvolvida pretendia atingir um nível de inovação considerável, não só pela reunião de funcionalidades, mas também com a provisão de uma agradável experiência de usabilidade aos seus utilizadores, por vezes uma grave falha neste tipo de aplicações. Outras características planeadas foram a disponibilização de alertas das operadoras e de um sistema de alarmes, funcionalidades encontradas numa minoria das aplicações testadas. No entanto, a sua característica mais distintiva é o sistema colaborativo, permitindo uma maior independência da aplicação em relação às operadoras e aos dados que estes disponibilizam.

3. Requisitos e Especificação Funcional

Neste capítulo são apresentados os requisitos e protótipos da aplicação desenvolvida. Informação mais detalhada sobre cada um destes pode ser consultada nos anexos ao presente documento.

3.1. User Stories

Nesta secção são apresentadas as *user stories* da aplicação móvel desenvolvida (Tabela 2). Estes abrangem o conjunto de funcionalidades e capacidades que a aplicação deve disponibilizar ao utilizador. Cada *user story* está priorizada segundo o método MoSCoW (*Must have*, *Should have*, *Could have* e *Won't have*), e a sua prioridade foi sofrendo alterações segundo as decisões que foram tomadas ao longo do projecto.

User story	Prioridade
Criar <i>Trace</i> associado a um transporte	Must have
Partilhar destino	Could have
Fazer <i>check-in</i> num POI	Should have
Ver mapa de <i>Traces</i> e <i>Check-ins</i>	Could have
Ver mapa de POIs	Could have
Criar POI	Could have
Ver actividade dos contactos	Should have
Ver operadoras filtradas por região	Could have
Ver paragens mais próximas	Should have
Ver que linhas servem uma paragem	Should have
Ver próximos transportes	Must have
Ver localização de uma paragem	Should have
Ver percurso de uma linha	Must have
Ver percurso de uma linha no mapa	Should have
Ver horário de uma linha	Must have
Autenticação	Must have

Tabela 2 - Lista de *user stories*

3.2. Requisitos Não-Funcionais

Esta secção diz respeito aos requisitos não-funcionais da aplicação, classificados por categorias: usabilidade, fiabilidade e suportabilidade. Cada requisito está priorizado segundo o método MoSCoW (*Must have*, *Should have*, *Could have* e *Won't have*).

Os detalhes de cada requisito podem ser encontrados nos anexos ao presente relatório.

3.2.1. Requisitos de Usabilidade

Os requisitos de usabilidade (Tabela 3) estão relacionados com a capacidade da aplicação em permitir que os seus utilizadores se sintam satisfeitos com a experiência de utilização e consigam, através de uma rápida aprendizagem, atingir os seus propósitos. Estes requisitos foram recolhidos com recurso a bibliografia específica sobre o assunto [23].

Requisito	Requisito
Navegação lógica e intuitiva	Should have
Navegação cíclica e flexível	Should have
Contexto dos ecrãs	Should have
<i>Feedback</i> ao utilizador	Should have
Retorno ao ecrã inicial	Should have
Posicionamento dos menus	Should have

Tabela 3 - Lista de requisitos de usabilidade

3.2.2. Requisitos de Fiabilidade

Os requisitos de fiabilidade (Tabela 4) definem a tolerância a falhas do sistema e à precisão dos dados apresentados.

Requisito	Requisito
Geolocalização por GPS	Must have
Tolerância a falhas na obtenção de dados remotos	Should have
Protecção dos dados do utilizador	Should have

Tabela 4 - Lista de requisitos de fiabilidade

3.2.3. Requisitos de Suportabilidade

Os requisitos de suportabilidade (Tabela 5) dizem respeito à compatibilidade e portabilidade da aplicação, assim como à sua configurabilidade e conformidade com *standards*.

Requisito	Prioridade
Ligação à Internet	Must have
Modo de geolocalização	Should have
Portabilidade entre dispositivos Android	Must have

Tabela 5 - Lista de requisitos de suportabilidade

3.3. Protótipo de Baixa Fidelidade

Uma vez que o desenvolvimento de um protótipo de baixa fidelidade é um processo iterativo, os *mockups* desenhados foram evoluindo ao longo de várias versões.

A ferramenta utilizada para o desenho do protótipo foi o Balsamiq Mockups [24], que já inclui uma variedade de formas habitualmente utilizadas em interfaces. Esta aplicação permite ainda fazer ligações entre os vários ecrãs desenhados, possibilitando uma melhor percepção da usabilidade da navegação ainda na fase de desenho. Para tornar possível esta simulação, foram desenhados cerca de 40 ecrãs em cada versão.

A Figura 8 mostra a primeira versão do *mockup* do ecrã principal da aplicação.



Figura 8 - *Mockup* do ecrã principal da aplicação

Uma vez produzido ainda numa fase do projecto em que os requisitos da aplicação não estavam todos definidos, o modelo representado na Figura 8 era meramente ilustrativo quanto àquilo que se pretendia para o menu principal da aplicação. O ecrã deve ter um aspecto limpo, com uma predominância de espaço vazio, e os comandos devem estar identificados por ícones familiares ao utilizador comum. As cores a utilizar não estavam também ainda definidas.

Na Figura 9 estão representados mais alguns exemplos dos *mockups* produzidos.

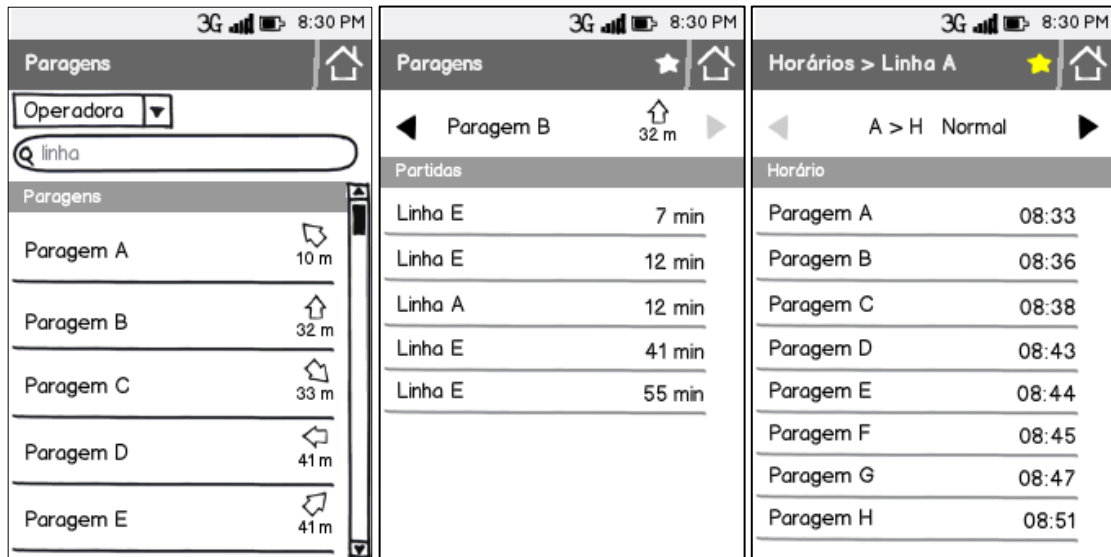


Figura 9 - Exemplos de *mockups* numa primeira versão

Os *mockups* na imagem (Figura 9) eram um primeiro esquema daquilo que é a consulta de paragens/estações e horários. Estes serviram para identificar alguns problemas no desenho inicial:

- O botão de acesso ao menu principal devia estar à esquerda, pois é um comando de retorno;
- O botão para adicionar o favorito devia estar em baixo, pois é uma acção. Em alternativa, pode estar num menu de contexto, acessível a partir de um toque longo no item;
- A presença de uma *combo box* deve ser evitada, quando se pode ter um ecrã transitório onde se mostre visualmente as várias opções. Neste caso, as operadoras podem ser apresentadas através dos seus logotipos;
- Os botões de navegação para a esquerda e direita devem ser substituídos por gestos no ecrã;
- O formato de lista deve, sempre que possível, ser substituído por uma forma mais apelativa. Uma linha, por exemplo, é tipicamente representada por uma barra e uma sequência de círculos correspondentes às paragens.

Uma vez identificados estes problemas, o protótipo evoluiu até chegar a uma última versão, representada na Figura 10.

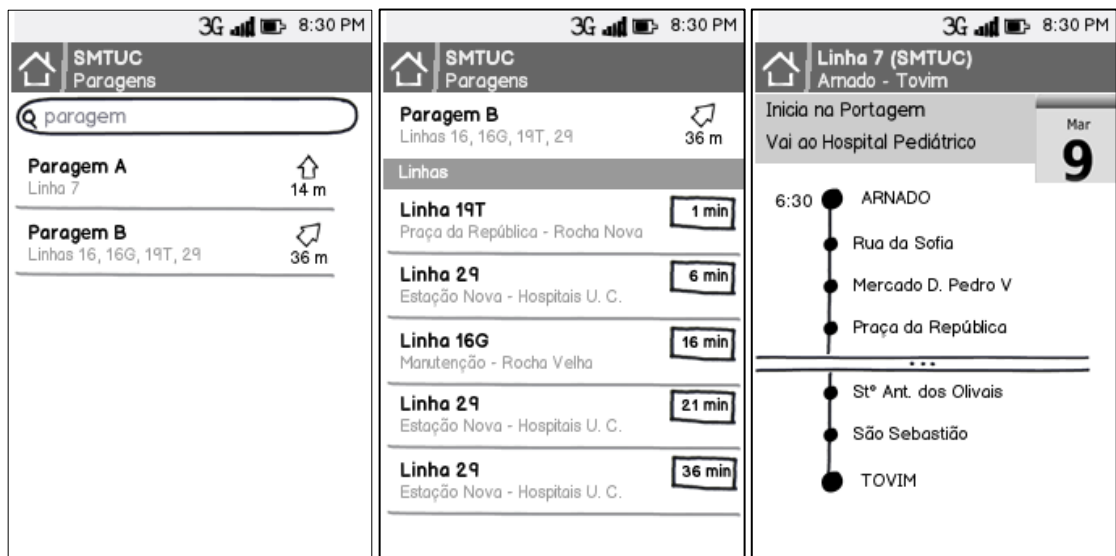


Figura 10 - Exemplos de *mockups* na sua última versão

Este é apenas um exemplo da utilidade de um protótipo de baixa fidelidade. Tal como estes *mockups*, todos os outros estiveram numa análise constante para que os erros fossem conhecidos antes de o processo de desenvolvimento começar.

A Figura 11 apresenta o protótipo de um ecrã com um mapa, com a representação de um autocarro em tempo-real.

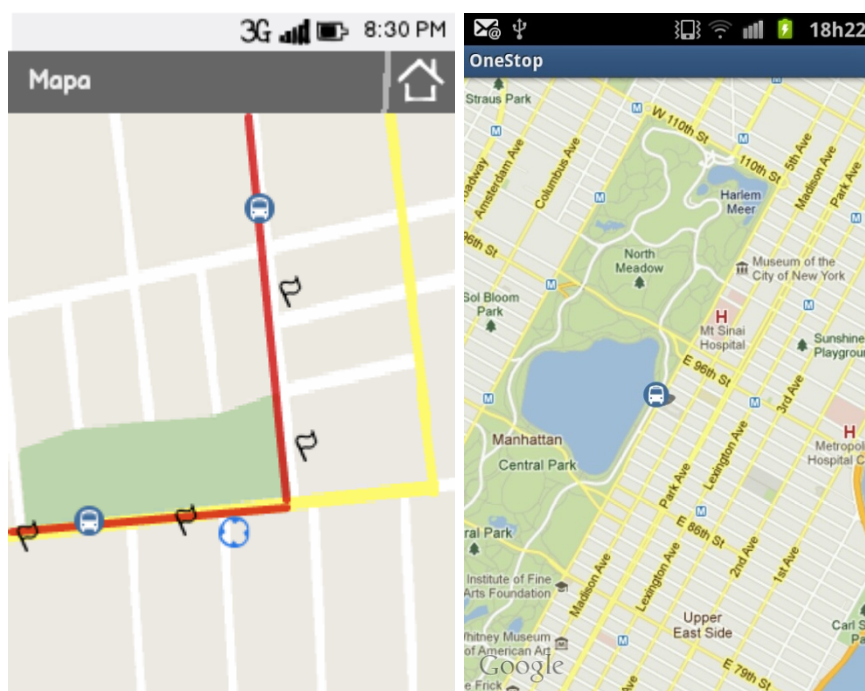


Figura 11 - Protótipo de um ecrã com mapa

No ecrã à esquerda (Figura 11) apresenta-se um mapa com uma linha de autocarros e os veículos e paragens correspondentes. À direita (Figura 11), apresenta-se já um protótipo de alta-fidelidade, efectivamente implementado, onde se pode ver uma representação de um autocarro em movimento. Este serviu como prova de conceito da

comunicação entre a plataforma e a aplicação. Para tal, foram simulados percursos de autocarros na plataforma, com recurso a dados de uma operadora norte-americana.

4. Arquitectura

Este capítulo descreve a arquitectura do sistema a desenvolver, vista sob dois níveis de abstracção. A visão de nível 0 abrange o cenário global do sistema, ao passo que a visão de nível 1 apresenta os componentes internos da aplicação.

São ainda apresentados os modelos de dados construídos, assim como as funcionalidades das *Application Programming Interfaces* (APIs) e os seus fluxos de funcionamento.

4.1. Visão de Nível 0

A visão de nível 0, mais abstracta, é aqui apresentada segundo uma perspectiva física, ou seja, mostra o *hardware* envolvido e de que forma é feita a comunicação entre o sistema e os componentes externos. A Figura 12 representa esta perspectiva.

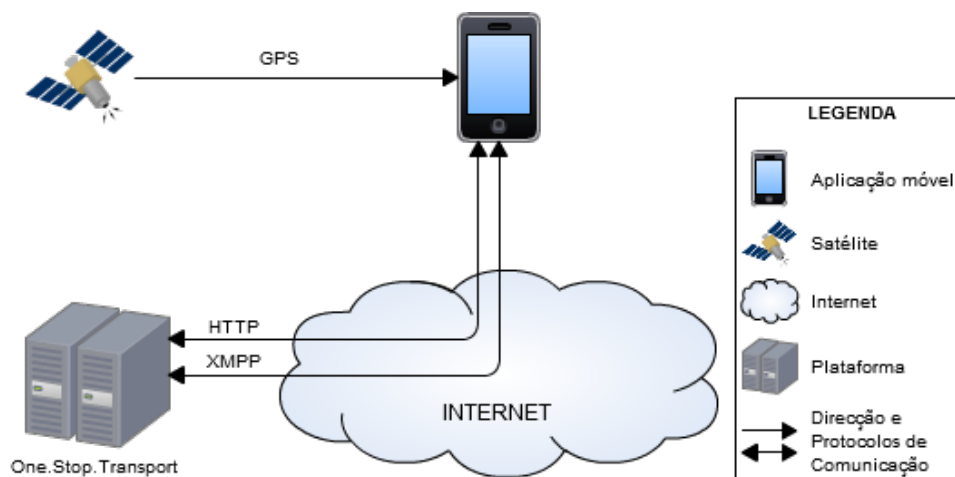


Figura 12 - Perspectiva física da arquitectura (nível 0)

A plataforma OST disponibiliza dados através de dois protocolos distintos: *HyperText Transfer Protocol* [25] (HTTP) para dados estáticos, e *Extensible Messaging and Presence Protocol* [26] (XMPP) para dados em tempo-real.

Seguindo uma arquitectura *Representational State Transfer* (REST), um estilo arquitectural de engenharia de *software* para sistemas distribuídos, cada recurso disponibilizado pela plataforma é unicamente identificado por um *Uniform Resource Identifier* (URI). Assim, de forma a obter dados estáticos como informação sobre paragens, linhas e horários, a aplicação móvel acede ao *Uniform Resource Locator* (URL) correspondente por HTTP. Estes dados são recebidos no formato *JavaScript Object Notation* [27] (JSON), então interpretado pela aplicação.

Já no que toca a dados em tempo-real, como a posição geográfica dos veículos ou avisos das operadoras, é utilizada uma extensão ao XMPP com funcionalidades de *Publish/Subscribe*. Neste padrão de *messaging*, a aplicação cliente subscreve um canal específico de publicações de entre os definidos pelo *publisher*. A partir da

subscrição, fica habilitada a receber as mensagens correspondentes ao longo do tempo, assim como fica qualquer outra aplicação que subscreva o mesmo canal.

Por fim, a aplicação móvel, dependendo do dispositivo e das configurações do utilizador, deverá poder obter a sua localização através de geoposicionamento por satélite.

4.2. Visão de Nível 1

A visão de nível 1 está representada na Figura 13 segundo uma perspectiva estática, incidindo nos módulos internos da aplicação e na interacção entre os mesmos.

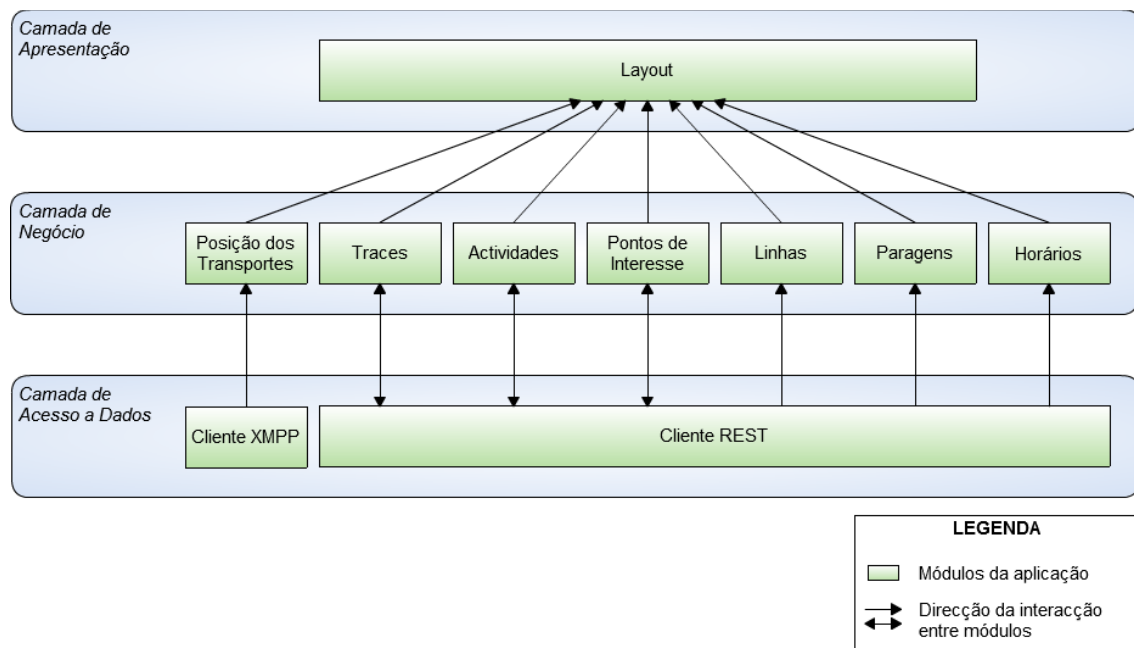


Figura 13 - Perspectiva estática da arquitectura (nível 1)

A aplicação segue uma arquitectura com três camadas (camada de acesso a dados, camada de negócio e camada de apresentação).

A camada de acesso a dados compreende os módulos de interface com componentes externos à aplicação:

- O cliente XMPP é responsável pela subscrição e conseqüente escuta dos dados em tempo-real enviados pela plataforma, ou seja, a posição actual dos transportes e os avisos das operadoras;
- O cliente REST trata da obtenção de dados da plataforma, como pontos de interesse (POIs) e dados estáticos de mobilidade (informação sobre linhas, paragens e horários). No sentido inverso, é através deste módulo que as partilhas do utilizador são enviadas para a plataforma, através das APIs de escrita, como a criação de *Traces*, actividades e pontos de interesse.

Os módulos da camada de negócio dizem respeito às funcionalidades da aplicação e é onde os dados são processados antes de serem apresentados ao utilizador, através dos recursos de *layout* presentes na camada de apresentação.

4.3. Modelos de Dados

Nesta secção descrevem-se os modelos de dados concebidos de forma a dar resposta aos requisitos do projecto.

4.3.1. Conceitos

Apresentam-se aqui os principais conceitos utilizados ao longo desta secção:

- *Trace* – Percurso gravado pelo utilizador, associado a uma viagem de determinado transporte colectivo;
- *Trace Check-in* – Cada um dos pontos registados pelo utilizador na construção de um *Trace*;
- *POI Check-in* – Registo da localização do utilizador, associada a um ponto de interesse.

4.3.2. Casos de Uso

Os modelos de dados apresentados nesta secção foram concebidos tendo em conta os seguintes casos de uso relacionados com *Traces* e *Check-ins*:

- Criação de um *Trace* associado a uma viagem:
 - Utilizador regista a sua viagem num transporte, com início numa paragem;
 - Utilizador regista a sua viagem num transporte, com início numa paragem, e com determinado destino (ponto de interesse).
- *Check-in* associado a um ponto de interesse:
 - Utilizador regista a sua localização num determinado ponto de interesse.

4.3.3. Modelos

De forma a dar resposta aos casos de uso já referidos, foram desenhados modelos que contemplam não só o armazenamento dos dados como a sua ligação aos restantes modelos da plataforma.

4.3.3.1. GTFS

A especificação *General Transit Feed Specification* (GTFS) define um formato *standard* para dados de mobilidade, como horários de transportes públicos e a

informação geográfica associada. Baseado na mesma, o modelo adoptado pela plataforma está representado na Figura 14.

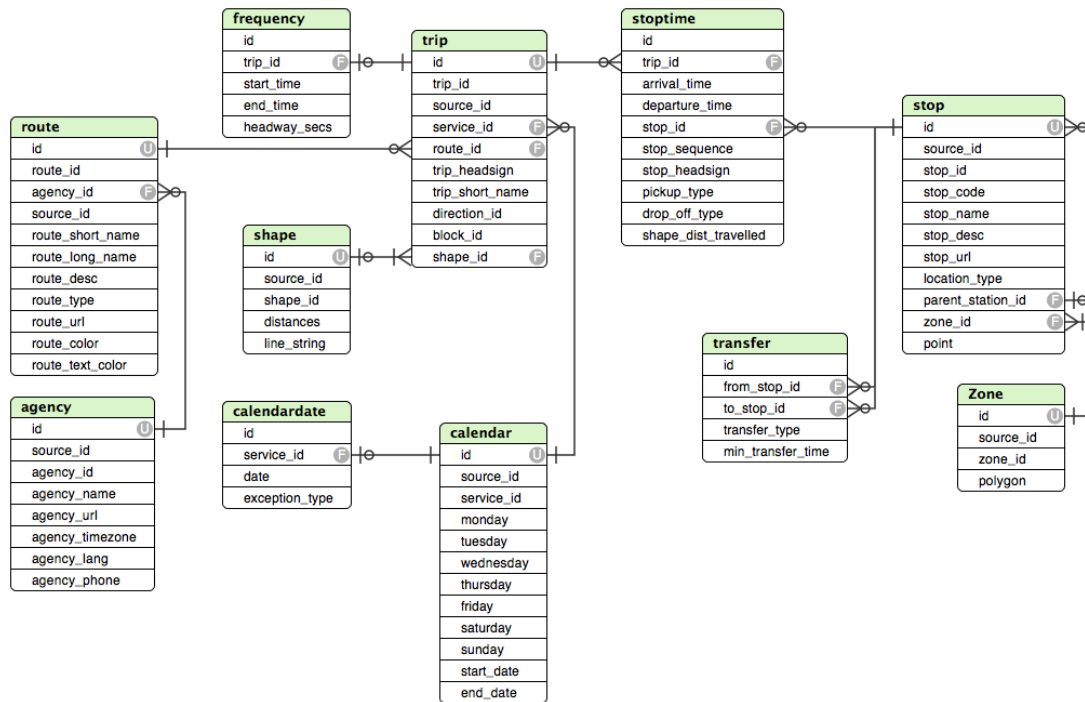


Figura 14 - Modelo de dados GTFS

De forma a complementar a informação oficial sobre horários de transportes com dados *crowdsourced*, algumas destas entidades estão directamente relacionadas com o modelo de *Traces*, explicado mais pormenorizadamente na subsecção seguinte:

- *Route* (“linha” ou “carreira”) – Serviço que representa um conjunto de viagens;
- *Stop* (“paragem” ou “estação”) – Ponto de embarque e/ou desembarque de passageiros;
- *Trip* (“viagem”) – Instância de uma linha (*route*) que representa uma sequência de duas ou mais paragens (*stops*) numa hora específica;
- *StopTime* – Hora a que chega ou parte um veículo de cada paragem (*stop*), para cada viagem (*trip*);
- *Frequency* – Tempo entre o início de cada viagem (*trip*), para linhas (*routes*) com uma frequência variável.

4.3.3.2. Traces

A Figura 15 representa o modelo de dados desenhado para o armazenamento de *Traces* e *Trace Check-ins*.

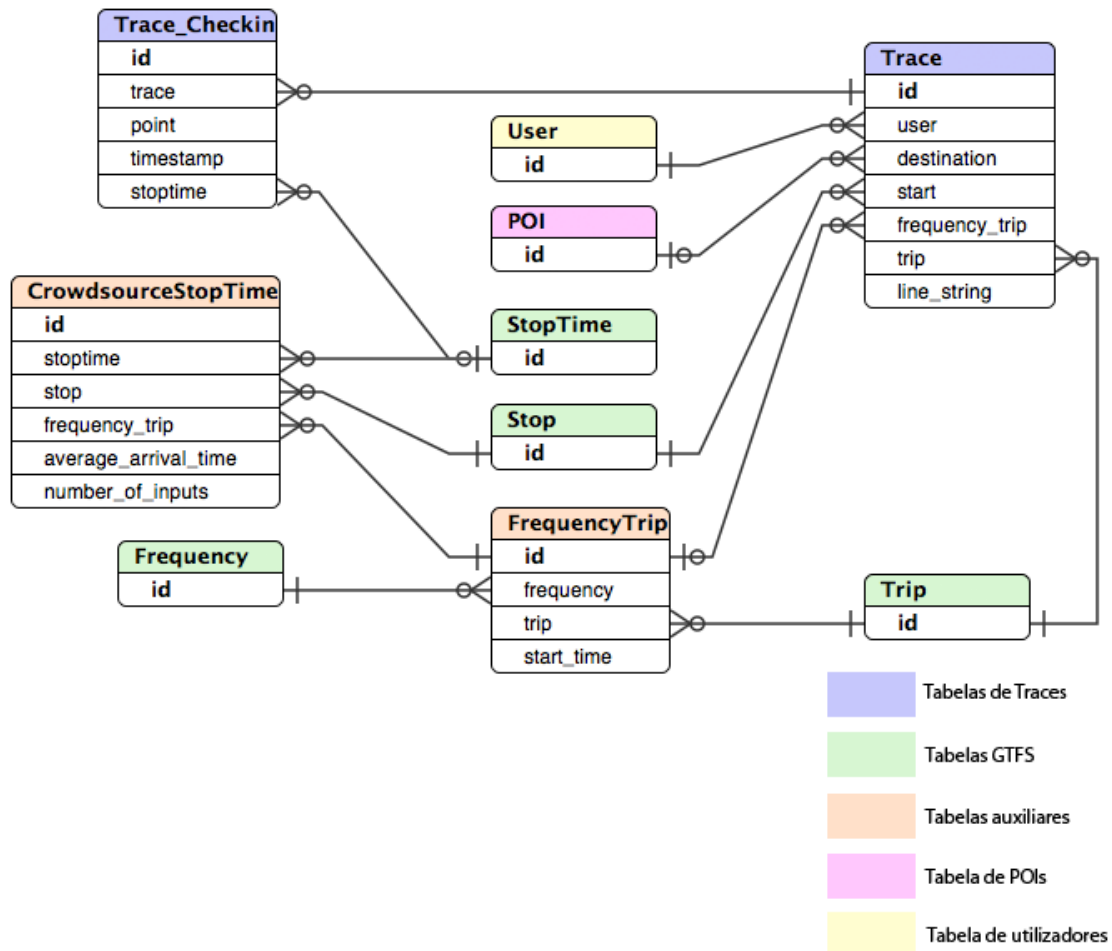


Figura 15 - Modelo de dados de Traces

Os *Traces* são armazenados em duas tabelas, a azul na figura (Figura 15):

- *Trace* – Percurso associado a um utilizador e a uma viagem específica de determinado transporte. Inclui ainda informação sobre os pontos de partida (paragem) e destino (ponto de interesse), assim como a informação geográfica do trajecto percorrido;
- *Trace_Checkin* – Cada ponto de um *Trace*. Inclui as suas coordenadas geográficas e a data e hora do registo. Caso as coordenadas sejam próximas de uma paragem da viagem em questão, está-lhe também associado o *StopTime* correspondente.

Existem ainda duas tabelas auxiliares, representadas a vermelho na figura (Figura 15):

- *FrequencyTrip* – permite abordar um caso específico de dados GTFS. Certas operadoras definem os seus horários apenas com base na frequência das suas linhas, como é o caso dos Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos

de Coimbra (SMTUC). Nestes casos, existe apenas uma *Trip* para cada tipo diferente de viagem, e a sua regularidade é definida na tabela *Frequency*. Esta tabela auxiliar serve para instanciar cada uma dessas viagens individualmente;

- *CrowdsourceStopTime* – à imagem da tabela *StopTime*, serve para armazenar a média dos tempos de chegada recolhidos pelos utilizadores, sem comprometer os dados oficiais.

4.3.3.3. POI Check-ins

Na Figura 16 representa-se o modelo de dados utilizado para o registo de *check-ins* em pontos de interesse.

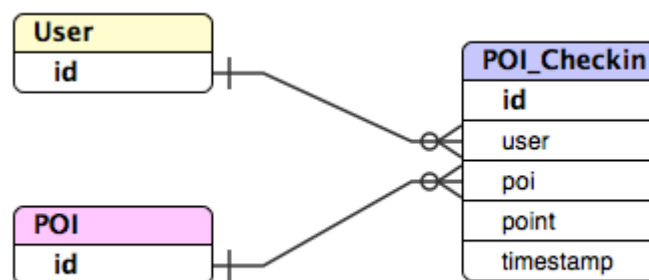


Figura 16 - Modelo de dados de POI Check-ins

O modelo é composto por apenas uma entidade, composta pelos seguintes atributos:

- *user* – chave estrangeira para o utilizador em questão;
- *poi* – chave estrangeira para o ponto de interesse;
- *point* – coordenadas geográficas do ponto a partir do qual é feito o *check-in*;
- *timestamp* – data e hora do registo.

4.4. API de Traces e Check-ins

Nesta secção descrevem-se as APIs de leitura e escrita desenvolvidas, que permitem a comunicação entre a aplicação móvel e a plataforma. Estas APIs estão igualmente disponíveis para a comunidade de *developers* da plataforma.

4.4.1. Funcionalidades

De forma a responder à necessidade de armazenamento dos dados colaborativos, foram desenvolvidas as operações de escrita descritas nas tabelas abaixo.

Operação	<i>Post Trace (com Route)</i>		
Método	<i>POST</i>		
Descrição	Cria novo <i>Trace</i> associado a uma <i>Route</i> ; Cria o <i>Trace</i> se as <i>Trips</i> da <i>Route</i> forem <i>StopTime-based</i> ; Caso contrário (<i>Frequency-based</i>) devolve uma lista das <i>Trips</i> possíveis, assim como a <i>Stop</i> correspondente à localização enviada.		
URL	<i>[domínio]/rest/traces/</i>		
Parâmetros	Nome	Tipo	Requisito
	<i>location</i>	<i>lng,lat</i>	Obrigatório
	<i>timestamp</i>	<i>datetime</i>	Obrigatório
	<i>route</i>	<i>id</i>	Obrigatório
Exemplo	<i>[domínio]/rest/traces/?location=10.10,11.11&timestamp=2012-12-12%2012:12:00&route=13</i>		

Operação	<i>Post Trace (com Trip)</i>		
Método	<i>POST</i>		
Descrição	Cria novo <i>Trace</i> associado a uma <i>Trip</i> e uma <i>Stop</i> .		
URL	<i>[domínio]/rest/traces/</i>		
Parâmetros	Nome	Tipo	Requisito
	<i>stop</i>	<i>id</i>	Obrigatório
	<i>trip</i>	<i>id</i>	Obrigatório
	Exemplo	<i>[domínio]/rest/traces/11/?stop=12&trip=13</i>	

Operação	<i>Put Trace destination</i>		
Método	<i>PUT</i>		
Descrição	Actualiza o campo <i>destination</i> de um <i>Trace</i> específico, a partir do seu <i>id</i> , com um ponto de interesse.		
URL	<i>[domínio]/rest/traces/{id}/</i>		
Parâmetros	Nome	Tipo	Requisito
	<i>destination</i>	<i>id</i>	Obrigatório
	<i>trip</i>	<i>id</i>	Obrigatório
	Exemplo	<i>[domínio]/rest/traces/11/?destination=12</i>	

Operação	<i>Post Trace Check-in</i>		
Método	<i>POST</i>		
Descrição	Cria novo <i>Trace Check-in</i> associado a um <i>Trace</i> específico, a partir do seu <i>id</i> .		
URL	<i>[domínio]/rest/traces/{id}/checkin/</i>		
Parâmetros	Nome	Tipo	Requisito
	<i>stop</i>	<i>id</i>	Obrigatório
	<i>location</i>	<i>lng,lat</i>	Obrigatório
	<i>timestamp</i>	<i>datetime</i>	Obrigatório
	Exemplo	<i>[domínio]/rest/traces/9/?location=10.10,11.11&timestamp=2012-12-12%2012:12:00&stoptime=13</i>	

Operação	<i>Post POI Check-in</i>		
Método	<i>POST</i>		
Descrição	Cria novo <i>POI Check-in</i> associado a um <i>POI</i> específico, a partir do seu <i>id</i> .		
URL	<i>[domínio]/rest/pois/{id}/checkin/</i>		
Parâmetros	Nome	Tipo	Requisito
	<i>location</i>	<i>lng,lat</i>	Obrigatório
	<i>timestamp</i>	<i>datetime</i>	Obrigatório
	<i>poi</i>	<i>id</i>	Obrigatório
	Exemplo	<i>[domínio]/rest/pois/9/checkin/?location=10.10,11.11&timestamp=2012-12-12%2012:12:00</i>	

A API de leitura, cujas operações são apresentadas de seguida, permite que as aplicações cliente tenham acesso aos dados armazenados.

Operação	<i>Get Trace</i>		
Método	<i>GET</i>		
Descrição	Devolve um <i>Trace</i> específico, a partir do seu <i>id</i> .		
URL	<i>[domínio]/rest/traces/{id}.json</i>		
Parâmetros	Nome	Tipo	Requisito
	---	---	---
	Exemplo	<i>[domínio]/rest/traces/11.json</i>	

Operação	<i>Get Traces</i>		
Método	<i>GET</i>		
Descrição	Devolve os <i>Traces</i> do utilizador autenticado segundo o filtro definido pelos parâmetros enviados. Permite obter informação como: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Traces</i> com um destino específico (que linhas são utilizadas para chegar a determinado ponto de interesse); • <i>Traces</i> com um ponto de partida específico (para onde vai quem utiliza determinada paragem); • <i>Traces</i> associados a uma <i>Trip</i> ou uma <i>Route</i>; • <i>Traces</i> entre duas datas. 		
URL	<i>[domínio]/rest/traces.json</i>		
Parâmetros	Nome	Tipo	Requisito
	<i>destination</i>	<i>id</i>	Opcional
	<i>start</i>	<i>id</i>	Opcional
	<i>trip</i>	<i>id</i>	Opcional
	<i>fromtime</i>	<i>datetime</i>	Opcional. Usados em conjunto
	<i>totime</i>	<i>datetime</i>	
Exemplo	<i>[domínio]/rest/traces.json?destination=11</i>		

Operação	<i>Get POI Check-in</i>		
Método	<i>GET</i>		
Descrição	Devolve um <i>POI Check-in</i> específico, a partir do seu <i>id</i> .		
URL	<i>[domínio]/rest/pois/checkin/{id}.json</i>		
Parâmetros	Nome	Tipo	Requisito
	---	---	---
	Exemplo	<i>[domínio]/rest/pois/checkin/11.json</i>	

Operação	<i>Get POI Check-ins</i>		
Método	<i>GET</i>		
Descrição	Devolve os <i>POI Check-ins</i> do utilizador autenticado segundo o filtro definido pelos parâmetros enviados. Permite obter informação como: <ul style="list-style-type: none"> • <i>POI Check-ins</i> num ponto de interesse específico; • <i>POI Check-ins</i> entre duas datas. 		
URL	<i>[domínio]/rest/pois/checkins.json</i>		
Parâmetros	Nome	Tipo	Requisito
	<i>poi</i>	<i>id</i>	Opcional
	<i>fromtime</i>	<i>datetime</i>	Opcional. Usados em conjunto
	<i>totime</i>	<i>datetime</i>	
	Exemplo	<i>[domínio]/ rest/pois/checkins.json?poi=11</i>	

4.4.2. Fluxos

Nesta subsecção descrevem-se os fluxos de utilização da API de escrita, detalhando quais os parâmetros trocados na comunicação entre a plataforma e a aplicação cliente.

4.4.2.1. Criação de Traces

A operação de criação de um *Trace* é feita através do envio da localização geográfica do dispositivo, da data e hora do registo, e ainda da linha (*Route*) a que se quer associar o *Trace*. A Figura 17 ilustra essa comunicação.

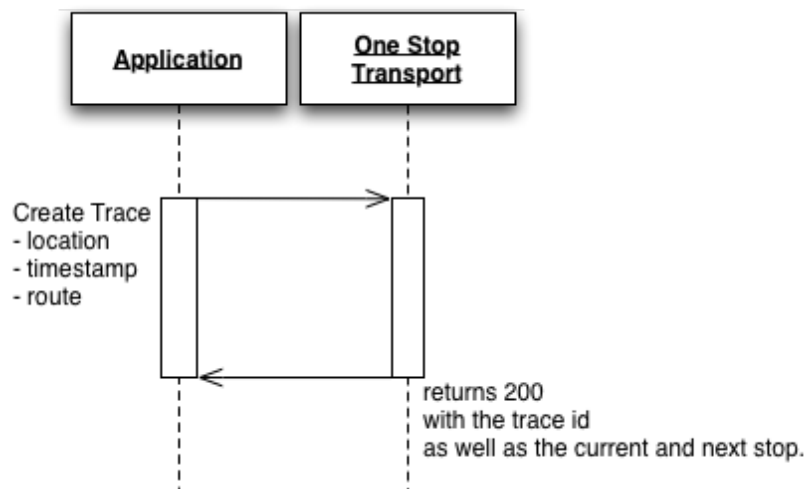


Figura 17 - Fluxo de criação de um *Trace*

Através da localização recebida, a plataforma encarrega-se de identificar qual a paragem da linha especificada em que o utilizador está. É esta informação que é devolvida à aplicação cliente.

Com a informação da hora, é ainda determinada qual a viagem (*Trip*) que vai ser utilizada, de forma a completar o seu horário com os dados *crowdsourcing*. Se esta pesquisa for dúbia, ou seja, se existirem várias viagens possíveis, é devolvida uma lista das mesmas, sendo responsabilidade da aplicação cliente dar ao utilizador a possibilidade de escolher a viagem pretendida. A Figura 18 ilustra este caso específico.

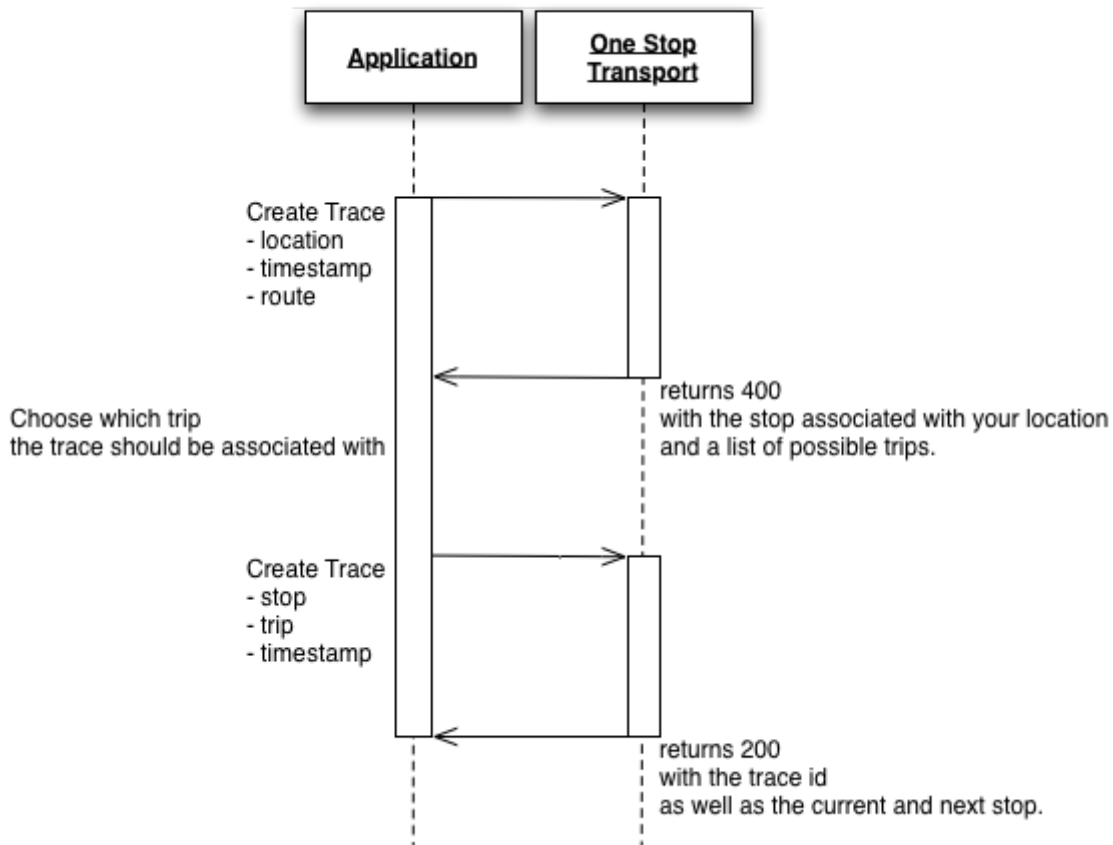


Figura 18 - Fluxo alternativo de criação de um Trace

Neste caso, a aplicação cliente tem de voltar a tentar criar o Trace, mas desta feita com a especificação da viagem (Trip) que lhe vai ser associada.

Ao longo do percurso, o Trace é construído através da criação de Trace Check-ins. Cada um destes representa um ponto geográfico e um ponto no tempo, como demonstra o diagrama da Figura 19.

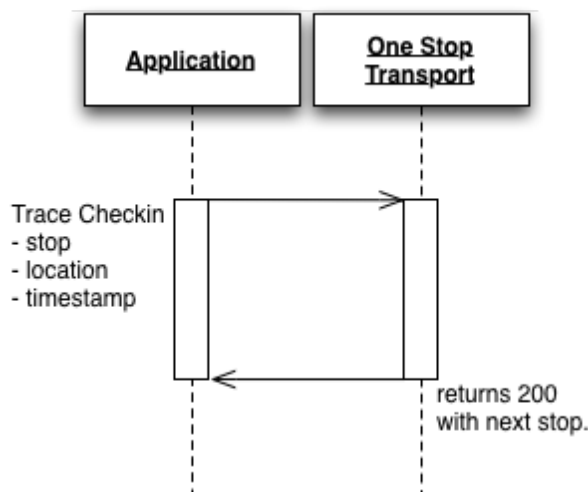


Figura 19 - Fluxo de criação de um Trace Check-in

Os *Trace Check-ins* enviados ao longo de um percurso incluem a localização do dispositivo móvel. Caso esta corresponda a uma paragem da viagem, é associado ao *Trace Check-in* o *StopTime* correspondente, onde está armazenado o horário de passagem dessa linha naquela paragem.

No caso de se tratar de uma *Trip frequency-based*, ou seja, quando o horário não está definido na tabela *StopTime* mas sim na tabela *Frequency*, é utilizada outra abordagem:

- Cada instância da tabela *Frequency* representa um conjunto de *Trips* que começam viagem com uma determinada frequência;
- É criada uma *Trip* alternativa (*FrequencyTrip*) a partir das tabelas *Trip* e *Frequency*. Cada instância desta tabela representa uma viagem diferente;
- Na criação de um *Trace* cuja *Trip* é *Frequency-based*, este não é associado a uma *Trip*, mas sim a uma *FrequencyTrip*;
- Neste caso, só existe uma instância da tabela *StopTime* associada à *Trip* e cada *Stop*. Assim, esta é associada a uma outra tabela auxiliar, *CrowdsourcingStopTime*, sendo nesta tabela mantido um campo com a média incremental dos tempos associados assim como o número total de registos.

Desta forma, a relação entre os tempos de chegada oficiais e aqueles registados pela comunidade pode ser feita pela comparação entre os tempos mantidos na tabela *CrowdsourcingStopTime* e o horário definido na tabela *StopTime*.

4.4.2.2. Criação de POI Check-ins

A criação de um *POI Check-in* para um ponto de interesse específico exige apenas o envio da localização e da data e hora actual, como mostrado na Figura 20. Esta operação foi adicionada à API de POIs da plataforma.

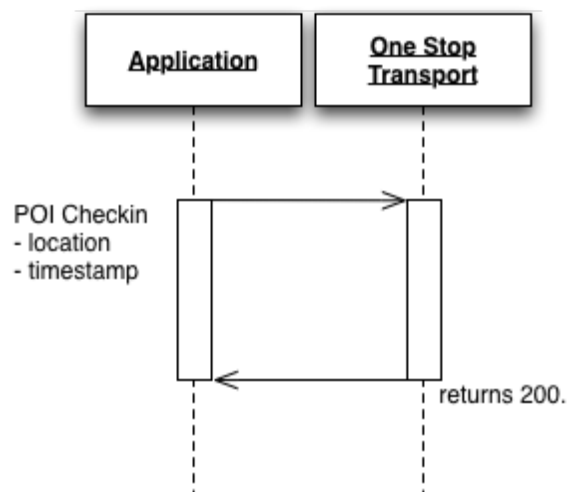


Figura 20 - Fluxo de criação de um *POI Check-in*

4.5. Outras APIs

Para além da API de Traces e Check-ins, a aplicação móvel incluía requisitos que exigiam a utilização de outras APIs da plataforma, previamente desenvolvidas pela equipa do projecto.

4.5.1. OAuth

O OAuth [28] é um protocolo de autenticação e autorização que permite que uma aplicação aceda a conteúdos protegidos através de uma API em nome do utilizador, sem que este tenha de partilhar as suas credenciais. A autenticação é feita através de três passos:

1. A aplicação obtém uma chave de autenticação (*request token*);
2. O utilizador autoriza que a aplicação aceda aos seus dados;
3. A aplicação troca a chave de autenticação (*request token*) por uma chave de acesso (*access token*).

A partir deste ponto, a aplicação pode aceder aos dados protegidos por este protocolo. Neste caso, todos os dados pessoais de mobilidade (*traces*, *check-ins*, POIs *crowdsourced* e actividades) estão apenas acessíveis por aplicações autenticadas e com a respectiva permissão do utilizador.

4.5.2. GTFS

A API de GTFS disponibiliza funções de leitura dos dados de mobilidade, como operadoras, linhas, paragens ou horários, assim como a informação geográfica relativa aos mesmos.

As operações disponíveis estão listadas na Figura 21, extraída do *Swagger* [29], uma ferramenta para documentação e exploração de APIs.

GET	/rest/agencies/{id}.json	Get agency by id
GET	/rest/agencies.json	List all agencies
GET	/rest/stops/{id}.json	Get stop by id
GET	/rest/stops.json	List all stops
GET	/rest/routes/{id}.json	Get route by id
GET	/rest/routes.json	List all routes
GET	/rest/trips/{id}.json	Get trip by id
GET	/rest/trips.json	List all trips
GET	/rest/shapes/{id}.json	Get shape by id
GET	/rest/shapes.json	List all shapes
GET	/rest/routes/{id}/headsigns.json	Get trips of a certain route grouped by type/headsign
GET	/rest/stoptimes.json	List all stoptimes
GET	/rest/stops/{stop_id}/routes/next.json	Get the next trips grouped by routes that stops in stop
GET	/rest/stops/{stop_id}/routes/{route_id}/next.json	Get the next trips of a certain route that stops in stop

Figura 21 - Operações da API de GTFS

Cada uma destas operações suporta determinados campos no URL, de forma a filtrar os resultados, estando a sua utilização protegida por uma chave.

Esta API foi utilizada na sua plenitude, de forma a disponibilizar o máximo de informação ao utilizador da aplicação móvel.

4.5.3. POIs

A API de POIs disponibiliza funções de leitura e escrita da biblioteca de pontos de interesse da plataforma, estando também esta API protegida através de uma chave.

Esta foi utilizada para mostrar ao utilizador a lista e o mapa dos pontos de interesse à sua volta, assim como informação útil acerca de cada um, como a categoria, morada e localização. Foi ainda utilizada para permitir ao utilizador criar novos pontos de interesse, devidamente sinalizados como *crowdsourced* na base de dados.

A funcionalidade de *check-in* em pontos de interesse foi adicionada a esta API.

4.5.4. Activity Stream

Uma vez prevista a inclusão de uma componente social na plataforma, levou-se a cabo a implementação de uma *stream* de actividades, onde ficam registadas as

acções dos utilizadores relacionadas com mobilidade. A API de *activity stream* disponibiliza funções de leitura e escrita das actividades dos utilizadores.

No caso da aplicação móvel, sempre que um utilizador faz um *check-in* num ponto de interesse, ou grava um percurso num transporte colectivo, a sua actividade é registada. Um utilizador pode, uma vez autenticado, ver as suas actividades e as daqueles utilizadores que subscreveu. A subscrição entre utilizadores ainda não dispõe de uma API, pelo que é feita manualmente pela administração do sistema, a título provisório.

5. Planeamento

Este capítulo descreve a forma como foi planeado o estágio, assim como os riscos inerentes ao projecto. A metodologia seguida está descrita no documento de anexos a este relatório.

5.1. Plano de Estágio

Nesta secção descreve-se o planeamento que foi idealizado para o desenvolvimento do estágio ao longo do ano, e o trabalho realizado durante esse período.

5.1.1. Primeiro Semestre

O trabalho no primeiro semestre foi influenciado por uma alteração nos objectivos do estágio, explicada nos próximos parágrafos.

O estagiário começou por se iniciar às tecnologias utilizadas no desenvolvimento da plataforma, nomeadamente Django [30], uma *Web framework* escrita em Python, e GeoDjango [31], um módulo do primeiro orientado a Sistemas de Informação Geográfica (GIS). Inteirou-se depois da arquitectura de *messaging* e do modelo de dados utilizado pela plataforma, realizando tutoriais introdutórios de cada uma das ferramentas e tecnologias aqui utilizadas. Esta aprendizagem revelou-se importante para o desenvolvimento das APIs implementadas.

Depois desta fase de aprendizagem, o estagiário começou a projectar aquilo que seria o cenário a desenvolver segundo o plano inicial, uma aplicação Web cliente da plataforma OST, fornecedora de dados estáticos e dinâmicos relativos a transportes colectivos de passageiros. Depois de um estudo do estado da arte de aplicações Web para a mobilidade, foram desenhadas várias versões do protótipo de baixa fidelidade (*mockups*). No início de Outubro, houve reorientações no que toca à responsabilidade de cada parceiro no projecto, pelo que esta documentação foi entretanto fornecida ao parceiro encarregue de dar continuidade a este trabalho. O Instituto Pedro Nunes ficou então a cargo de desenvolver uma aplicação semelhante, mas direccionada a dispositivos móveis. Já mais tarde, nas últimas semanas do primeiro semestre, tomou-se a decisão de incluir uma componente colaborativa na aplicação móvel, o que originou uma revisão dos requisitos e arquitectura do sistema.

O planeamento para o primeiro semestre traduz-se no diagrama de Gantt que se segue (Figura 22).

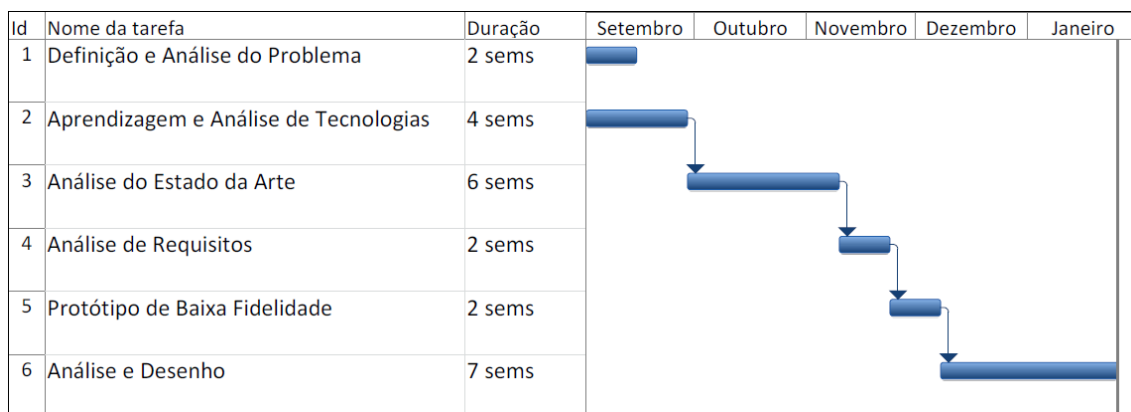


Figura 22 - Planeamento para o primeiro semestre

Segundo o plano inicial, representado na Figura 22, o trabalho para o primeiro semestre seria dividido em seis fases que compreendiam as tarefas correspondentes à modelação de negócio, requisitos e análise e desenho. Contudo, houve um reescalonamento à medida que o trabalho foi sendo desenvolvido, como se mostra na Figura 23.

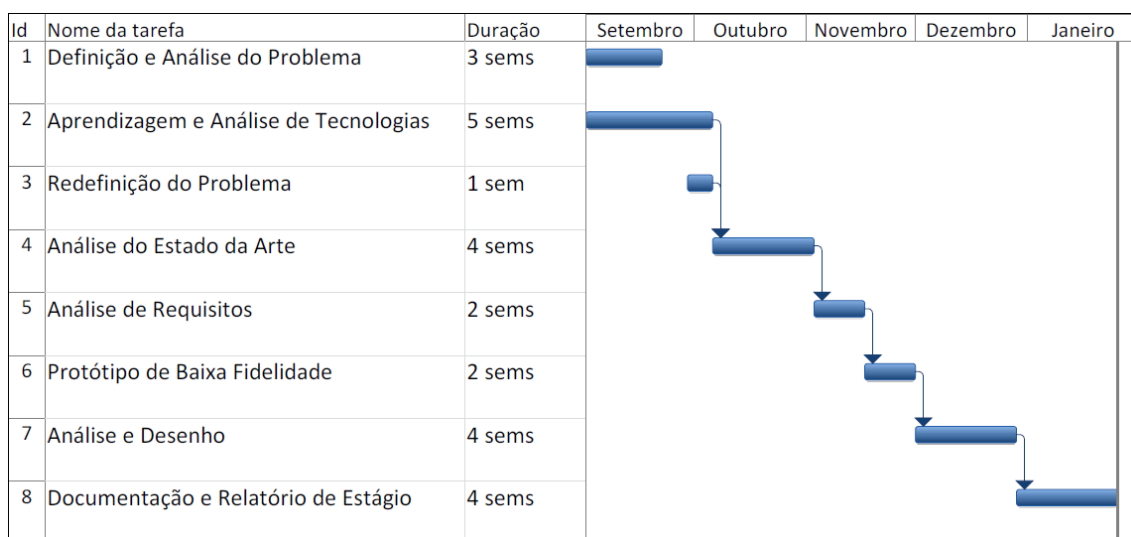


Figura 23 - Execução do planeamento do primeiro semestre

As principais alterações ao plano inicial deveram-se a dois factores. O primeiro foi a redefinição do objectivo do estágio, que implicou um pequeno atraso no início das actividades que se seguiam. Este tempo foi recuperado, no entanto foi introduzida uma nova tarefa nas últimas semanas do semestre, motivada pela introdução de uma componente colaborativa na aplicação. Nesta nova tarefa houve lugar a uma revisão dos requisitos anteriormente estabelecidos e da arquitectura desenhada até então, tendo esta revisão implicado alterações na documentação e no presente relatório.

5.1.2. Segundo Semestre

A Figura 24 apresenta um diagrama de Gantt, representativo do planeamento projectado para o segundo semestre do estágio.

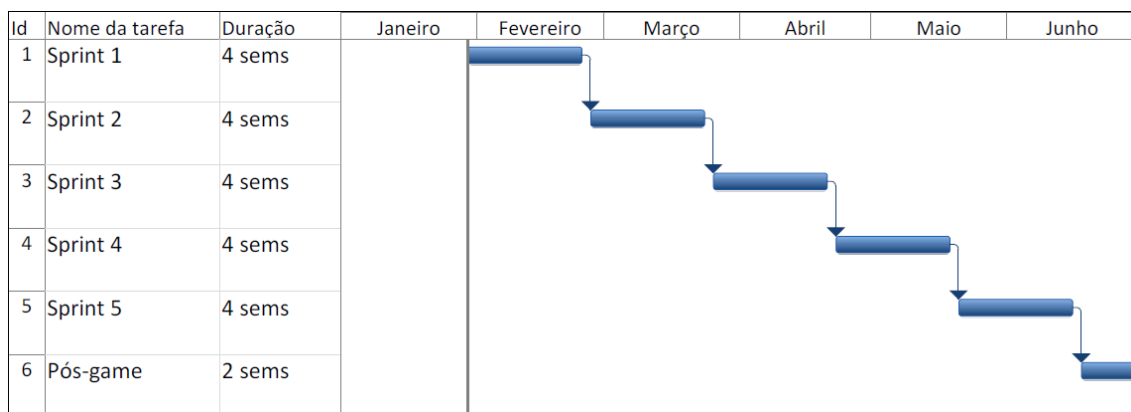


Figura 24 - Planeamento para o segundo semestre

O trabalho do segundo semestre foi orientado em *Sprints* com uma duração de quatro semanas. Estas foram planeadas, uma a uma, nas *Sprint Planning Meetings*, dependendo das necessidades expressas pelo *Product Owner* e das alterações à prioridade dos requisitos a implementar feitas pelo *Scrum Master*.

A Tabela 6 especifica as funcionalidades implementadas em cada um dos *Sprints*.

Sprint	Início	Fim	Funcionalidades implementadas
1	28/01/2012	24/02/2012	<ul style="list-style-type: none"> Ver percurso de uma linha no mapa; Ver percurso de uma linha.
2	27/02/2012	23/03/2012	<ul style="list-style-type: none"> Autenticação; Criar <i>Trace</i> associado a um transporte.
3	26/03/2012	20/04/2012	<ul style="list-style-type: none"> Fazer <i>check-in</i> num POI; Partilhar destino; Criar POI; Ver mapa de <i>Traces</i> e <i>Check-ins</i>.
4	23/04/2012	18/05/2012	<ul style="list-style-type: none"> Ver mapa de POIs; Ver operadoras; Ver paragens mais próximas; Ver que linhas servem uma paragem; Ver localização de uma paragem; Ver próximos transportes.
5	21/05/2012	15/06/2012	<ul style="list-style-type: none"> Ver horário de uma linha; Ver actividade dos contactos.

Tabela 6 - Funcionalidades implementadas em cada um dos *Sprints*

O restante período de estágio serviu para a execução dos testes finais e para a escrita do presente relatório.

5.2. Análise de Riscos e Plano de Contingência

Nesta secção apresenta-se uma avaliação de potenciais eventos que poderiam provocar um impacto negativo no processo de desenvolvimento, qual a sua probabilidade e qual o plano de mitigação dos mesmos. A tabela abaixo (Tabela 7) foi sendo revista ao longo do tempo.

#	Descrição	Probabilidade	Impacto	Mitigação
1	Não estão disponíveis dados reais de uma operadora de transportes; pode dificultar a realização de testes	-	Alto	Utilizar dados simulados ou disponibilizados gratuitamente.
2	A plataforma não dispõe de uma biblioteca de POIs; pode dificultar a realização de testes	-	Médio	Criar POIs fictícios ou utilizar dados gratuitos.

Tabela 7 – Riscos analisados durante o projecto

Apesar de os dados oficiais de uma operadora de transportes local terem sido disponibilizados já numa fase final do projecto, isto não interferiu com o seu desenvolvimento. Numa primeira fase foram utilizados dados gratuitos de uma operadora norte-americana, para teste das APIs de dados estáticos, como horários, linhas e paragens. Posteriormente, de forma a testar o módulo colaborativo da aplicação móvel, foi injectada na base de dados informação sobre uma linha dos SMTUC, cujos dados foram levantados pelo estagiário.

A biblioteca de pontos de interesse começou a ser construída pela equipa do projecto a tempo de não atrasar o trabalho de desenvolvimento da aplicação móvel, pelo que não houve necessidade de activar o plano de contingência.

6. Notas Finais

Neste capítulo são apresentadas algumas considerações acerca do trabalho realizado ao longo do estágio.

6.1. Resumo

O trabalho do primeiro semestre do estágio compreendeu as fases de concepção e elaboração do projecto. Após um período de enquadramento e definição do problema, o estagiário procedeu a uma análise das ferramentas de desenvolvimento multiplataforma e do mercado de sistemas operativos móveis. Desta análise resultou a decisão de desenvolver uma aplicação para o sistema operativo Android. Depois, foi feito um estudo de aplicações móveis para a mobilidade já existentes no mercado, o que suportou a definição de alguns dos requisitos a implementar. Seguiu-se o desenho de uma primeira versão do protótipo de baixa fidelidade e da arquitetura do sistema a desenvolver. Foi ainda implementado um protótipo que serviu como prova de conceito da comunicação entre o dispositivo móvel e a plataforma. Todo este trabalho foi revisto numa fase final do semestre, dada a intenção de introduzir um sistema colaborativo na aplicação.

No segundo semestre, o estagiário deu resposta aos problemas identificados na primeira versão do protótipo de baixa fidelidade, e procedeu às melhorias necessárias. A partir daí, concentrou-se na fase de implementação da aplicação móvel e do módulo colaborativo da plataforma, tendo em conta os requisitos estabelecidos na primeira fase do projecto. Por fim, houve lugar a uma fase de testes em ambiente real, assim como à redacção do relatório de estágio.

6.2. Reflexão Crítica

O atraso na definição de um objectivo concreto para o estágio foi o primeiro obstáculo com o qual o estagiário teve que lidar. Após um período de aprendizagem – que acabou por lhe ser útil mais tarde – e de algum trabalho que não se veio a relacionar directamente com o projecto, houve ainda um período de alguma indefinição quanto àquilo que iria ser o sistema a desenvolver, como aliás se reflectiu na apresentação de estágio intermédia. O estagiário estava focado no desenho de uma aplicação móvel cliente da plataforma, mas sem a perspectiva de criar um módulo colaborativo na mesma, que acabou por se revelar o principal objectivo do projecto de estágio.

Uma vez corrigido o problema, o projecto entrou num melhor ritmo ao longo do segundo semestre. A aplicação móvel e o módulo colaborativo da plataforma foram sendo desenvolvidos paralelamente, de forma a que a sua integração fosse sendo testada. Os testes em ambiente real acabaram por se tornar a maior dificuldade na fase final do projecto, sendo por isso necessário mais algum tempo para validar a aplicação móvel, assim como corrigir alguns erros no módulo criado na plataforma.

O trabalho desenvolvido neste estágio deu um importante contributo ao projecto TICE.Mobilidade. A plataforma ficou dotada de um mecanismo de criação de horários e pontos de interesse *crowdsourced* a partir de aplicações remotas, e este módulo

poderá ser utilizado em outras aplicações que não a desenvolvida pelo estagiário. Para além disso, a API de dados estáticos de mobilidade foi forçosamente enriquecida e melhorada pela necessidade de apresentar os mesmos aos utilizadores através da aplicação móvel desenvolvida. Os próximos passos vão depender da priorização que seja dada aos requisitos não incluídos no âmbito do estágio.

6.3. Aprendizagem

O projecto deste estágio foi bastante positivo no que toca à formação profissional do estagiário. Entre os pontos mais importantes está o processo de Engenharia de Software levado a cabo pelo estagiário ao longo do projecto, onde teve que lidar, num ambiente real de produção, com aspectos como o levantamento de requisitos, planeamento, análise de riscos, desenho e construção de uma arquitectura. O facto de trabalhar numa equipa relativamente numerosa também proporcionou ao estagiário uma valiosa experiência daquilo que são os processos organizacionais associados ao mundo empresarial. Exemplo disso foi a percepção das vantagens de uma metodologia ágil de desenvolvimento como o Scrum.

Em termos técnicos, o estagiário desenvolveu competências como a programação em Django, a criação de APIs REST, e o desenvolvimento de aplicações Android. Aprofundou ainda os seus conhecimentos em várias áreas, como a usabilidade em aplicações móveis.

Em suma, o estágio foi extremamente enriquecedor para a preparação do estagiário como futuro Engenheiro Informático.

7. Referências

- [1] Casa dos Bits, “16,6 milhões de dispositivos ligados às redes móveis em Portugal,” 2012. [Online]. Available: http://tek.sapo.pt/noticias/telecomunicacoes/16_6_milhoes_de_dispositivos_ligados_as_redes_1206943.html.
- [2] European Commission, “Transport matters,” 2011. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/transport/strategies/facts-and-figures/transport-matters/index_en.htm.
- [3] Pordata, “Pordata,” 2011. [Online]. Available: <http://pordata.pt>.
- [4] “Andropas - Android Reittiopas,” 2011. [Online]. Available: <http://akiware.com/andropas/>.
- [5] Akiware, “Akiware,” 2011. [Online]. Available: <http://akiware.com/>.
- [6] HSL, “HSL Helsingin seudun liikenne,” 2011. [Online]. Available: <http://www.hsl.fi/>.
- [7] University of Washington, “OneBusAway,” 2011. [Online]. Available: <http://www.onebusaway.org/>.
- [8] A. Schildbach, “Öffi,” 2011. [Online]. Available: <http://oeffi.schildbach.de/>.
- [9] Massachusetts Bay Transportation Authority, “MBTA.com,” 2011. [Online]. Available: <http://www.mbta.com/>.
- [10] Massachusetts Bay Transportation Authority, “MBTA.com > Online Trip Planning Tools,” 2011. [Online]. Available: http://mbta.com/rider_tools/apps/.
- [11] BlinkTag Inc, “AnyStop - Transit for Android,” 2011. [Online]. Available: <http://anystopapp.com/>.
- [12] BlinkTag Inc, “BlinkTag Inc,” 2011. [Online]. Available: <http://blinktag.com/>.
- [13] Google, Inc., “Android Market,” 2011. [Online]. Available: <https://market.android.com/>.
- [14] NextBus Inc, “NextBus,” 2011. [Online]. Available: <http://www.nextbus.com>.
- [15] G. Schneeloch, “BostonBusMap,” 2011. [Online]. Available: <http://www.terribleinformation.org/george/bostonbusmap/>.
- [16] Google, Inc., “Aplicações de George Schneeloch - Android Market,” 2011. [Online]. Available: <https://market.android.com/developer?pub=George+Schneeloch>.
- [17] CyberFabric, “Catch the Bus,” 2011. [Online]. Available: <http://catchthebusapp.com/>.

- [18] Waze Mobile, "Waze," 2011. [Online]. Available: <http://www.waze.com/>.
- [19] T. Geron, "Waze Nabs \$30M From Kleiner Perkins, Li Ka Shing; Mary Meeker To Advise," 2011. [Online]. Available: <http://www.forbes.com/sites/tomiogeron/2011/10/18/waze-nabs-30m-from-kleiner-perkins-li-ka-shing-mary-meeker-to-advise/>.
- [20] Facebook, Inc., "Facebook," 2011. [Online]. Available: <https://www.facebook.com/>.
- [21] Twitter, Inc., "Twitter," 2011. [Online]. Available: <http://twitter.com/>.
- [22] Foursquare Labs, Inc., "Foursquare," 2011. [Online]. Available: <https://foursquare.com/>.
- [23] L. Mathis, *Designed for use: usable interfaces for applications and the web*. Raleigh, N.C.: Pragmatic Bookshelf, 2011.
- [24] Balsamiq Studios, LLC, "Balsamiq Mockups," 2011. [Online]. Available: <http://www.balsamiq.com/products/mockups>.
- [25] W3C - World Wide Web Consortium, "HTTP - Hypertext Transfer Protocol," 2011. [Online]. Available: <http://www.w3.org/Protocols/>.
- [26] XMPP Standards Foundation, "XMPP Technologies Overview," 2011. [Online]. Available: <http://xmpp.org/about-xmpp/technology-overview/>.
- [27] D. Crockford, "JSON," 2011. [Online]. Available: <http://www.json.org/>.
- [28] C. Messina, "OAuth Community Site," 2012. [Online]. Available: <http://oauth.net/>.
- [29] Wordnik, "Swagger," 2012. [Online]. Available: <http://swagger.wordnik.com/>.
- [30] Django Software Foundation, "Django," 2011. [Online]. Available: <https://www.djangoproject.com/>.
- [31] Django Software Foundation, "GeoDjango," 2011. [Online]. Available: <http://geodjango.org/>.