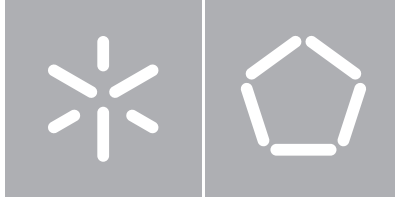


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Nuno Miguel Ferreira Leite Oliveira

Localização Indoor por Identificação de Marcos



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Departamento de Informática

Nuno Miguel Ferreira Leite Oliveira

Localização Indoor por Identificação de Marcos

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Informática

Trabalho realizado sob orientação de

Professor Cesar Analide

Agradecimentos

Durante o desenvolvimento do projeto conducente a esta dissertação de mestrado diversas pessoas contribuíram, direta ou indiretamente, para que o mesmo chegasse a bom termo. No entanto, há algumas pessoas que gostaria de aqui destacar.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao professor Cesar Analide, meu orientador, pela sua disponibilidade que sempre manifestou para acompanhar este trabalho, pelos seus preciosos conselhos e pelo incentivo dado.

Quero também agradecer aos meus pais, por toda a paciência e apoio dados durante toda a carreira universitária, ao meu irmão pela companhia e à minha madrinha pela força dada durante a época de aulas.

Aos meus amigos, em especial ao Luís, Nuno e Dalila, pelas conversas e pelo suporte que me deram quando o trabalho teimava em não avançar.

Por fim, quero agradecer a uma grande colega, a minha melhor amiga e namorada, Cátia, que me ajudou muito durante toda a universidade e por ser tão atenciosa comigo.

Resumo

Hoje em dia, existem diversos métodos para determinar a localização devido ao fácil acesso à Internet, GPS e outras tecnologias existentes. Existem sistemas bem conhecidos como o GoogleMaps, que permitem a visualização do planeta Terra através de satélite, como existem também aplicações que, recorrendo ao GPS, permitem indicar a localização do utilizador a partir de um *smartphone* ou do automóvel. Estas evoluções tornam o mundo mais pequeno, mas são apenas referências exteriores, mostrando ruas e edifícios.

Neste projeto, foi desenvolvido um sistema de localização *indoor*, mapeando um edifício e colocando marcos identificadores espalhados pela sua área. Foi desenvolvida uma aplicação móvel Android e sem necessidade de ligação à rede, para que seja possível a qualquer pessoa utilizar. O programa permite ao utilizador escolher o seu destino pretendido de uma lista de locais do edifício. Ao ser lido um dos marcos no edifício através da aplicação, o utilizador tem acesso a informação do marco e do local a que o marco está associado. O utilizador pode visualizar as plantas do edifício onde é indicado o seu ponto de origem e um destino escolhido, de modo a ajudar o utilizador a lá chegar.

Abstract

Nowadays, there are several methods to determine our localization due to the easy access to the internet, GPS and other technologies available. There are well-known systems like GoogleMaps, that allow the visualization of the planet Earth through satellite images, as well as other applications, which use the GPS signal to indicate our localization through a smartphone or in our car. These evolutions make the world smaller, but they are just outdoor references, showing streets and buildings.

This project consists of a system for indoor localization, mapping a building and placing landmarks scattered around its area. It has been developed a mobile app using Android with no need to internet connection so everyone can use it. The program allows its user to select a destination from a set of locations, inside the building. When a landmark is read by the application, the user gets access to the information embedded on the landmark and the location related to it. The user can check the building's blueprints and where the starting point and the chosen destination are marked, in order to help the user to get there.

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Índice	v
Índice de figuras	vii
Índice de quadros	viii
Abreviaturas	ix
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Motivações.....	2
1.3. Objetivos	3
1.4. Calendarização.....	4
1.5. Metodologias de investigação	6
1.6. Estrutura do documento	7
2. Estado da arte	8
2.1. Sistemas de Localização.....	8
2.2. Localização <i>indoor</i> VS Localização <i>outdoor</i>	10
2.3. Projetos Relacionados	11
2.3.1. LANDMARC	11
2.3.2. Indoor localization using camera phones	12
2.3.3. Accurate GSM indoor localization	13
2.3.4. Precise indoor localization using smart phones.....	14
2.3.5. Locate Me	15

2.4. Dispositivos móveis	18
3. Desenvolvimento	20
3.1. Análise do problema.....	20
3.2. Tecnologias a utilizar	21
3.2.1. Android	21
3.2.2. QR Code.....	24
3.2.3. ZXING e Barcode Scanner.....	24
3.2.4. vCard	25
3.3. Protótipo	27
3.3.1. Caso de estudo.....	27
3.3.2. Estrutura dos QR Codes.....	28
3.3.3. Programa de geração de QR Codes.....	31
3.3.4. Aplicação Android	32
4. Análise de resultados	40
5. Conclusão	43
5.1. Síntese.....	43
5.2. Trabalho futuro	45
6. Referências	46

Índice de figuras

Figura 1 - Calendarização prevista.....	5
Figura 2 - Utilização do telemóvel para Localização <i>Indoor</i> adaptado de (Ravi, Shankar, Frankel, Elgammal, & Iftode, 2006).....	12
Figura 3 - Aplicação de treino para tornar possível a localização a partir de GSM, adaptado de (Otsason, Varshavsky, LaMarca, & Lara, 2005)	14
Figura 4 - Diagrama de tecnologias utilizadas pelo Locate me, adaptado de (Pereira, Guenda, & Carvalho, 2011)	16
Figura 5 - Vista de mapa incluindo uma planta de um edifício, adaptado de (Pereira, Guenda, & Carvalho, 2011)	17
Figura 6 - Ciclo de vida de uma Activity adaptado de (Google Inc., 2014)	23
Figura 7 - Exemplo de um QR Code criado	32
Figura 8 - Pagina inicial da aplicação	33
Figura 9 - Layout da DestinationActivity	34
Figura 10 - Informação de contato lida de um QR Code por uma aplicação externa.....	35
Figura 11 - Detalhes da Sala 3.16.....	37
Figura 12 - Visualização da PlantaActivity com salas de origem e destino escolhidos.....	38
Figura 13 - QR Codes a entrada de duas salas do departamento	40
Figura 14 - Lista de QR Code a entrada do piso do departamento.....	41
Figura 15 - Leitura de um QR Code a entrada do edifício (esquerda) e informação correspondente ao QR Code lido	41
Figura 16 - Vista de planta do edifício onde é indicado o destino e a origem do utilizador	42

Índice de quadros

Quadro 1 - Estrutura exemplo de um vCard.....	26
Quadro 2 - Dados utilizados nos vCard.....	29
Quadro 3 - Estrutura exemplo de um vCard a ser guardado num QR Code.....	30

Abreviaturas

API Application Programming Interface

QR Code Quick Response Code

XML Extensible Markup Language

1. Introdução

A localização *indoor* é um tema que tem crescido em importância nos últimos anos relativamente à localização *outdoor*. A localização *indoor* pode ter as mais diversas aplicações desde grandes edifícios, a museus, bibliotecas e centros comerciais, contudo ainda não existe uma solução que seja fácil de fazer com que o utilizador se consiga localizar e que indique como este pode chegar ao seu destino.

Para além de indicar corretamente como chegar ao destino desejado, é muito importante que a aplicação possa mostrar informação dos pontos de interesse ou locais por onde o utilizador passa, ao deslocar-se ao destino, pois mesmo não sendo esse o objetivo principal, pode ir de encontro a outras necessidades do utilizador.

Neste trabalho, será estudada uma solução que torne possível para um utilizador movimentar-se dentro de um edifício que não lhe é familiar, usando uma alternativa diferente do GPS e da deteção de redes Wi-Fi, regularmente usados neste tipo de aplicação de localização. A solução estudada pode também servir como fonte de informação a cerca de partes ou zonas do edifício ao qual uma aplicação final estará associada.

1.1. Enquadramento

Embora existam algumas aplicações que são utilizadas para orientação de pessoas, a maior parte foca-se na localização exterior usando GPS, ondas rádio, entre outros, o que faz com que sejam raras as que conseguem fazê-lo *indoor*. Como as aplicações que recorrem ao GPS necessitam de acesso a 3 satélites para calcular a latitude, longitude, e altitude do aparelho,

quando este se encontra em zonas fechadas o acesso pode ser dificultado. Nestes casos, pode não ser permitido calcular a pretendida localização ou então esta pode não ser completamente fiável.

Existem também vários projetos que recorrem a diversas tecnologias como RFID como no projeto LANDMARC (Ni, Liu, Lau, & Patil, 2004), *ZigBee* e até mesmo localização por triangulação em redes Wi-Fi para conseguirem fazer uma localização *indoor* aceitavelmente fiável. Embora algumas destas tecnologias impliquem muito equipamento por vezes do lado do utilizador, para outras é necessário diverso equipamento caro distribuído pelo edifício.

Uma abordagem diferente ao problema de localização *indoor* poderá ser usar marcos que seriam colocados nos diversos locais de interesse do edifício e que fossem facilmente lidos por uma aplicação móvel que recolhia informação e que ao mesmo tempo tratava os dados para indicar ao utilizador o que fazer para chegar ao seu destino.

Os dados existentes em cada marco podem mais tarde ser usados para aceder a informações *online*, de diversas fontes, sobre o local onde o utilizador se encontra, fornecendo ao utilizador tanto uma visualização de onde se encontra, bem como detalhes sobre por onde passa.

1.2. Motivações

No início do ano letivo, são muitos os casos de novos alunos perdidos pela universidade. Procuram edifícios específicos e os horários não transmitem informações sobre como chegar ao destino. Consistem num monte de siglas, que podem por vezes ser mal interpretadas.

A ideia proposta pode ser útil para esse grupo de pessoas, que procuram informações sobre como chegar ao seu destino. Para além da utilização em universidades ou escolas, pode ser utilizada em museus, castelos ou outros sítios históricos, onde por vezes não disponibilizam visitas guiadas, ou caso disponibilizem, constituem um custo adicional. Outros edifícios de

maiores dimensões, como centros comerciais ou até mesmo parque de estacionamento podem usufruir deste sistema também.

As tecnologias que existem para fazer localização em espaços abertos não são muito adequadas ou são pouco fiáveis quando aplicadas em edifícios ou espaços fechados. É necessário arranjar outras soluções para que seja possível fazer localização *indoor*.

Para além da pouca fiabilidade de algumas tecnologias no que toca a localização de um aparelho dentro de um edifício fechado, existem outras que necessitam de *hardware* específico como um dispositivo criado especificamente com o intuito de localizar o seu utilizador e ainda outras necessitam de instalação prévia de aparelhos espalhados por todo o edifício os quais são as vezes caros e dispendiosos.

1.3. Objetivos

Este projeto envolve a criação de uma aplicação móvel para orientação num espaço *indoor*. Este sistema terá como principal objetivo ajudar pessoas a orientarem-se num edifício ou numa zona que tenha sido previamente configurada para que seja possível utilizar o sistema.

O sistema poderá ser aplicado em diversos locais tais como museus, centros comerciais, bibliotecas ou até mesmo na universidade para apoiar visitantes e alunos recém-chegados e noutros locais de difícil orientação.

O sistema poderá ser aplicado em diversos locais tais como museus, centros comerciais, bibliotecas ou até mesmo na universidade para apoiar visitantes e alunos recém-chegados e noutros locais de difícil orientação.

A aplicação deve ser capaz de receber informação de marcos para saber onde o utilizador se encontra e de seguida indica o percurso a tomar com o objetivo de o orientar ao seu destino.

A informação existente em cada marco deverá ser suficiente para conseguir orientar o utilizador sem necessidade de acesso a internet ou a qualquer serviço que disponibilize o percurso a fazer, pois pretende-se que esta solução não dependa de serviços de comunicação. Isto deve-se ao motivo de em alguns edifícios, a possibilidade de acesso à internet seja baixa, principalmente quando o utilizador visita pela primeira vez um edifício e quando não é possível aceder a rede móvel como acontece com alguns *tablets*.

O objetivo desta aplicação não é apenas indicar o caminho ao utilizador mas também de cada vez que este faça a leitura de um código que lhe seja apresentada alguma informação sobre o local onde se encontra. Esta informação pode estar armazenada no marco identificador ou poderá ser recebida através de acesso a internet, acedendo a *sites* como *foursquare*, redes sociais ou *webservices* que contêm informação dos vários locais.

O caso de estudo para a implementação do protótipo foi o Departamento de Informática da Universidade do Minho, pois foi manifestado interesse por uma aplicação *indoor* com estas características.

1.4. Calendarização

Foi seguida a calendarização apresentada na Figura 1 durante este projeto, a qual foi dividida em quatro fases para que fosse possível uma mais fácil organização do trabalho com vista a terminar no final de Outubro.

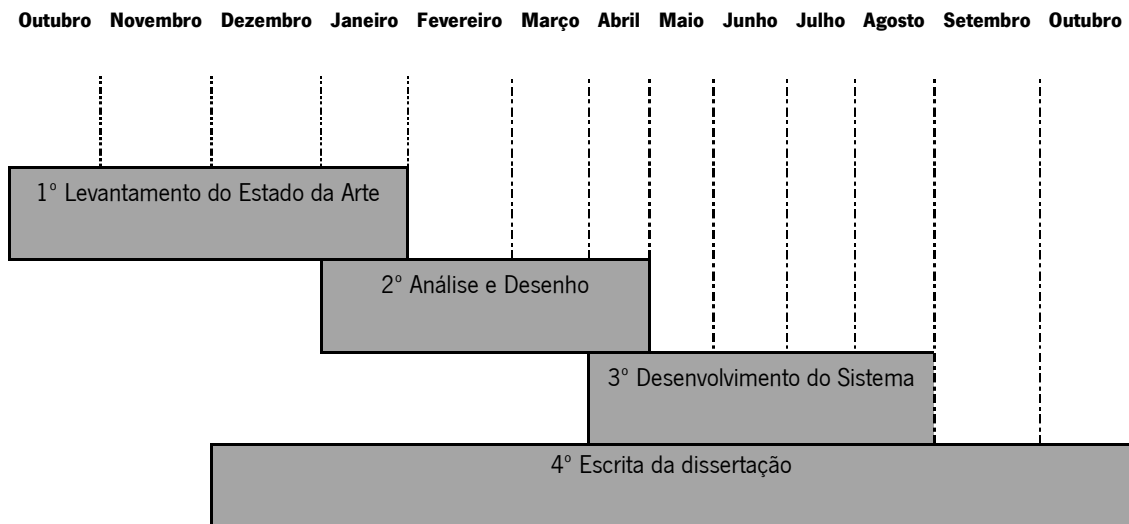


Figura 1 - Calendarização prevista

Na primeira fase, foi feito o levantamento do estado da arte sobre o tema *Localização Indoor* e temas relacionados, como tecnologias de localização e programação móvel. Esta fase embora concluída em grande parte até janeiro, foi sempre sendo complementada a medida que ia aparecendo mais informação importante ao decorrer do projeto.

Na segunda fase, foi feita uma análise da melhor forma de criação do programa e quais as funcionalidades essenciais e também as funcionalidades que pudessem enriquecer o projeto.

Numa terceira fase, começou-se por desenvolver o programa final até que fosse concluído um protótipo. Depois de testado, o protótipo foi passando por uma fase de correção de erros e por pequenos melhoramentos.

Por fim, existe uma fase de escrita da dissertação de mestrado que foi acompanhando as outras fases, documentando todos os desenvolvimentos ao longo dessas fases.

A duração prevista para o projeto é de um ano, iniciado em Outubro de 2013 e com data prevista de finalização para Julho de 2014.

Durante o projeto, a fase que sofreu mais desvios ao que foi planeado foi a primeira fase pois ainda continuou a ser feita em grande parte em paralelo com a escrita da dissertação. As outras fases cumpriram os prazos que tinham sido estipulados.

1.5. Metodologias de investigação

Nesta dissertação, foi utilizada uma metodologia de ação-pesquisa. Esta metodologia é caracterizada por ser uma metodologia em ciclo e envolve uma investigação ativa durante o projeto.

O primeiro passo, após a definição do problema, consiste na recolha e tratamento de informação, de modo a criar uma base sólida para a resolução do problema. Este primeiro passo, pode ser visto como o estudo do estado da arte e análise de projetos relacionados com o tema.

Depois dessa recolha de informação, é criado um plano a ser seguido para atingir a solução desejada, e conseqüentemente são tomadas ações que correspondem à modelação e implementação.

Por fim, é feita uma análise e avaliação da solução até ao momento e no caso da solução ainda não se encontrar completa e não cumprir todos os objetivos, o ciclo é retomado desde o seu início com o intuito de melhorar a solução já existente.

1.6. Estrutura do documento

Este documento está organizado em cinco capítulos, começando por um capítulo introdutório onde são apresentados as motivações e objetivos por detrás deste projeto de dissertação.

O segundo capítulo corresponde ao capítulo do estado da arte onde é feito um pequeno levantamento de projetos relacionados com localização *indoor* e de informação relacionada com o assunto do projeto.

No terceiro capítulo, é apresentado todo o projeto desenvolvido. Para além da aplicação criada, é também referido neste capítulo que tecnologias foram utilizadas e feita uma análise do problema em questão neste projeto.

No quarto capítulo, é feita uma análise de resultados utilizando o programa desenvolvido no Departamento de Informática que foi escolhido como caso de teste.

Por último, no quinto capítulo são apresentadas as dificuldades encontradas durante este projeto e uma síntese de todo o trabalho desenvolvido. São também apresentadas algumas ideias de como é possível melhorar o projeto no futuro.

No final do documento é possível encontrar uma compilação das referências bibliográficas do trabalho desenvolvido.

2. Estado da arte

A localização *indoor* é um tema que tem recebido uma crescente atenção em termos de investigação e de soluções ao longo dos últimos anos. No entanto, as diversas soluções existentes para a localização *indoor* não são muito fiáveis no caso de um edifício fechado. Logo, são necessárias alternativas que reduzam o erro e que consigam indicar onde se encontra o aparelho.

2.1. Sistemas de Localização

Localização é um tema já muito antigo, desde os tempos em que os marinheiros observavam as estrelas para se orientarem no seu percurso pelos mares. Com o passar dos tempos, foram criados instrumentos e tecnologias para que essas localizações fossem mais fiáveis, começando pelos mais antigos como o astrolábio, a bússola até aos mais recentes como GPS, criado nos finais do século XX com fins militares, mas utilizado hoje livremente pela maior parte da população no dia-a-dia.

Após a investigação da localização em espaços abertos (localização *outdoor*) conseguir bons resultados, o foco mudou para a localização *indoor*. A localização *indoor* abriu portas a novas tecnologias para indicar a posição do utilizador, as quais já existiam mas não tinham sido criadas com o intuito de fazer localização. Algumas destas tecnologias são, por exemplo, tecnologias RFID, e redes sem fio como Wi-Fi, Bluetooth.

Os sistemas de localização têm diversas características que os definem, segundo (Sana, 2013). A característica mais fácil de perceber é se o sistema é considerado de localização em

espaços abertos ou então de espaços fechados. Embora um sistema *indoor* possa ser utilizado no exterior, este vai provavelmente obter resultados muito piores. Outra característica de um sistema de localização prende-se com a forma utilizada para medir as distâncias, pois podem ser medidas relativamente a outras posições conhecidas ou então podem ser medidas posições exatas.

Outra característica de um sistema de localização é se este é seguro ou aberto e também se pode ser considerado um sistema fortemente ligado, ou então pelo contrário, fracamente ligado.

Num sistema fortemente ligado, não é possível remover um componente deste e ele continuar a funcionar. Geralmente, um sistema fortemente ligado tem uma arquitetura centralizada enquanto um fracamente ligado é constituído por uma arquitetura descentralizada.

A tecnologia usada pelos sistemas pode ser vista como uma característica, tendo como exemplo, sistemas que usam *smartphones*, sistemas que usam GPS (*Global Positioning System*), ou até sistemas que utilizem RFID (*Radio-Frequency Identification*). Estas tecnologias podem por vezes ser interligadas num mesmo sistema e é considerado como um sistema híbrido.

Os sistemas de localização *outdoor* recorrem mais frequentemente a tecnologias como as tecnologias GPS e GSM (*Global System for Mobile Communications*), que é a tecnologia utilizada pela rede dos telemóveis mais comuns.

Para sistemas de localização *indoor* existem outras tecnologias mais adequadas, sendo elas: Radio frequências, frequências de ultrassom, redes Wi-Fi, redes de sensores sem fios, e ainda *smartphones*, recorrendo aos seus componentes como câmara, microfone e acelerómetro.

Para classificar o desempenho de um sistema de localização, segundo (Liu, Darabi, Banerjee, & Liu, 2007), são considerados seis parâmetros. Os dois primeiros parâmetros relacionam-se com a capacidade do sistema localizar o indivíduo corretamente. São estes o erro de localização (*accuracy*) que quanto mais reduzido for, melhor será o sistema, e a precisão ou consistência que indica que os erros vão tendo valores constantes. Os restantes parâmetros são a complexidade do sistema, a sua robustez, a sua escalabilidade e o seu custo. A complexidade pode estar ligada ao seu *software*, hardware ou a ligação entre ambos, a robustez indica que o

sistema pode funcionar mesmo que alguns sinais não estão disponíveis. A escalabilidade do sistema pressupõe que este sistema seja facilmente expansível, tanto geograficamente como em densidade. Quanto ao custo do sistema, pode estar relacionado com diversos aspetos como instalação e manutenção, o tamanho, se é um sistema sem fios, entre outros.

2.2. Localização *indoor* VS Localização *outdoor*

As grandes diferenças entre localização *indoor* e *outdoor* prende-se com a precisão da posição e com as tecnologias utilizadas em cada um dos tipos de localização.

Na utilização de um sistema para localização num espaço aberto, receber a posição com dois ou três metros de erro não causa muito transtorno pois a zona que se tenta localizar é muito maior. O mesmo não acontece quando nos encontramos dentro de um edifício, pois se a posição que recebermos tiver dois metros de erro, esta pode colocar-nos na sala ao lado ou até mesmo num piso diferente, o que é inaceitável quando se fala de localização *indoor*.

A segunda grande diferença deve-se ao facto de o edifício onde se tenta fazer a localização ser um ambiente fechado, com vários obstáculos, o que faz com que o sinal recebido para nos localizarmos (GPS por exemplo) vá sofrendo interferência e se torne mais fraco. Assim, a fiabilidade do sistema de localização estará comprometida e o erro na posição recebida será maior logo, o problema da precisão na localização *indoor* torna-se ainda mais crítico.

2.3. Projetos Relacionados

Existem diversas formas de fazer localização *indoor* mas a maior parte dos sistemas usam dispositivos móveis como telemóveis, *smartphones*, *tablets* e até mesmo computadores portáteis.

Nesta secção são apresentadas alguns trabalhos que usam esses mesmos dispositivos para fazerem localização *indoor* de diversas maneiras.

Existem vários trabalhos já publicados acerca de localização em espaços fechados e existem também diversas abordagens à localização *indoor* nesses trabalhos. Algumas dessas abordagens são descritas de seguida.

2.3.1. LANDMARC

O sistema Landmarc (Ni, Liu, Lau, & Patil, 2004) foi desenvolvido em 2003 com o objetivo de sistema de localização de objetos dentro de edifícios e que trabalhava a base de tecnologia RFID (*Radio Frequency IDentification*). Este sistema utiliza leitores RFID que lêem informação emitida por tags RFID e um servidor que efetua a comunicação com os leitores e estima a localização.

Neste projeto, conhecem-se as tags de referência que servem como base para o cálculo das tags que se querem localizar e assim é possível também orientar o utilizador, mostrando a localização do objeto procurado.

No fim do projeto, conclui-se que este sistema de localização usando RFID é uma solução viável e não muito custosa, e são apresentadas formas para que esta tecnologia possa ser melhorada com vista a ser mais competitiva no mercado.

2.3.2. Indoor localization using camera phones

Este trabalho (Ravi, Shankar, Frankel, Elgammal, & Iftode, 2006) faz uso das câmaras incorporadas nos telemóveis para conseguir localizar o utilizador que está a utilizar esse mesmo telemóvel.

Este projeto de localização *indoor* utiliza apenas um telemóvel, que consegue executar programas escritos na linguagem Java, a sua câmara e uma base de dados com fotografias previamente tiradas do edifício onde se pretende fazer a localização.

O telemóvel é usado como um pendente preso ao utilizador, como apresentado na figura 2 e que vai regularmente capturando imagens do local por onde o utilizador passa. Após ter sido tirada uma fotografia, o programa Java, que está a correr no telemóvel e que serve para fazer a localização, envia a imagem por GPRS (*General Packet Radio Service*), que é uma tecnologia que aumenta a transferência de dados nas redes GSM, para um web-server. O web-server, cada vez que recebe uma imagem, compara-a com as imagens que tem guardadas na base de dados, usando vários algoritmos de comparação de imagens, e a partir daí vai estimar a posição do utilizador.

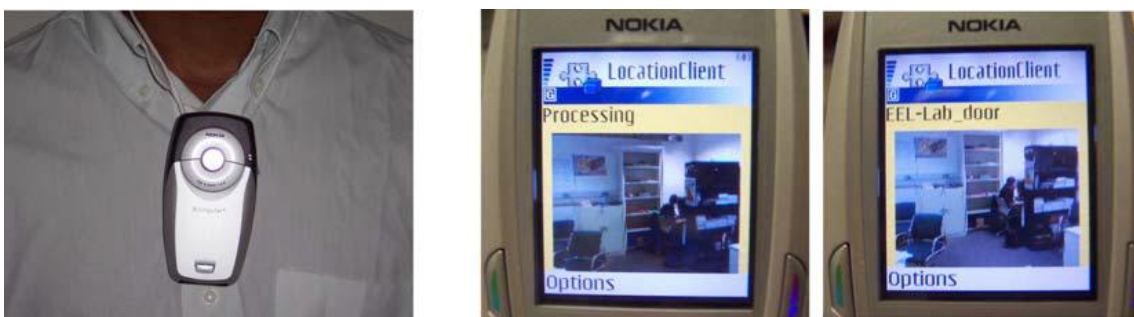


Figura 2 - Utilização do telemóvel para Localização *Indoor* adaptado de (Ravi, Shankar, Frankel, Elgammal, & Iftode, 2006)

Esta forma de fazer localização *indoor* tem vantagens e desvantagens. Uma das vantagens é que o utilizador que não precisa de usar nenhum aparelho para além do seu

telemóvel e também não é necessário usar hardware novo, ou ter acesso a *access points wireless*. A maior desvantagem prende-se na criação da base de dados das imagens do edifício pois são necessárias imagens de todo o edifício, considerando para cada esquina seriam necessárias múltiplas imagens, em várias alturas e pontos de vista da câmara do telemóvel.

2.3.3. Accurate GSM indoor localization

Neste sistema (Otsason, Varshavsky, LaMarca, & Lara, 2005), a localização é feita usando a rede móvel a que todos os telemóveis e *smartphones*, por exemplo, têm acesso.

Neste trabalho, foram utilizadas as redes GSM (Global System for Mobile Communications) como meio para ajudar na localização *indoor* de um dispositivo como um telemóvel ou qualquer aparelho que receba GSM.

Foi usada a tecnologia GSM em vez de redes *wireless* (802.11), infravermelhos ou outras tecnologias mais comuns, pois o GSM utiliza as torres telefónicas espalhadas pela área, o que não implica custo adicional no desenvolvimento da solução. É através dessas torres telefónicas e do sinal que emitem que é possível saber a localização do aparelho de receção e do seu utilizador. Para que seja possível calcular a localização, são necessários valores de "treino", recolhidos pela aplicação mostrada na figura 3, para comparar aos valores recebidos ao circular no edifício.



Figura 3 - Aplicação de treino para tornar possível a localização a partir de GSM, adaptado de (Otsason, Varshavsky, LaMarca, & Lara, 2005)

Os resultados tirados deste trabalho constituem uma posição aceitável com um erro que oscilava entre os 3 e os 5 metros. Estes resultados foram recolhidos em três edifícios diferentes e em pisos diferentes também em cada um deles. Os resultados serão também melhores quanto mais forte for o sinal recebido e quantas mais fontes de sinal GSM conseguirem ser detetadas nos edifícios.

2.3.4. Precise indoor localization using smart phones

Neste projeto (Martin, Vinyals, Friedland, & Bajcsy, 2010), é mostrado que é possível utilizar várias características dos *smartphones* para conseguir fazer localização *indoor*.

Para além de vários trabalhos de localização *indoor*, onde é utilizada uma determinada tecnologia para atingir o objetivo, alguns trabalhos usam também várias tecnologias para tentar criar uma aplicação de localização *indoor* multimodal.

Foi desenvolvida uma aplicação que localizava o utilizador a partir de um *smartphone* usando redes Wi-Fi, a partir de vários *Access points* de um edifício, dos quais o *smartphone*, com sistema operativo Android instalado, recebe o sinal e o usa para tentar localizar o dispositivo.

Cada *Access point* transmite 5 sinais com *MAC address* diferentes. Cada sinal mostra, que a cada diferente leitura da aplicação, o RSSI (Received signal strength indication) de cada sinal varia e varia também entre sinais do mesmo *Access point*. Através destas variações de RSSI é possível distinguir em quais dos diferentes locais o utilizador se encontra.

Foi também indicado que os dados recebidos dos acelerómetros incorporados nos *smartphones*, são geralmente muito pouco confiáveis, o que não permite que seja uma fonte fidedigna para localização *indoor*. É dito também que contagem de passos pode ser uma hipótese que será testada no futuro.

2.3.5. Locate Me

O Locate Me (Pereira, Guenda, & Carvalho, 2011), foi desenvolvido para *smartphones* Android e combina GPS, Wi-Fi e a API do Google Maps para atribuir uma localização ao utilizador. A aplicação apresenta duas vistas possíveis, vista de mapa e vista de satélite. Um website complementa a aplicação, onde os utilizadores se podem registar e ver as suas localizações.

Para efetuar a atribuição da localização, a aplicação recorre primeiramente ao GPS. O utilizador é facilmente identificado em espaços abertos mas falha quando está dentro de um edifício ou cercado por vários. Assim, para complementar as falhas do GPS em localização *indoor*, são utilizados outros métodos. A localização através da planta consiste em ter o utilizador a indicar a sua localização no mapa. As coordenadas da sua posição serão registadas no sistema e é feita uma procura por pontos de acesso Wi-Fi, cujos dados são igualmente adicionados à base de dados.

O próximo método é a localização por pontos de acesso georreferenciados, aproveitando os módulos de Wi-Fi e de GPS incorporados nos *smartphones* para criar uma base de dados com pontos de acesso Wi-Fi georreferenciados. Esta base de dados é automaticamente gerada pela aplicação, melhorando a precisão com o uso. Sempre que exista um sinal GPS disponível, a aplicação executa uma pesquisa Wi-Fi e envia o resultado com as coordenadas GPS para o servidor. Se tiver sido detetado um novo ponto de acesso, este é adicionado à base de dados. Caso o ponto de acesso exista na BD, este vai ser atualizado.

Por último, é aplicado o mesmo método, no entanto são pesquisadas estações base em vez de pontos de acesso. Assim, a precisão é menor já que a área coberta por uma estação base é maior que a de um ponto de acesso. O número de pontos detetados é geralmente menor que no método anterior e como consequência, o número de sítios distinguíveis será menor.

Na figura 4, é apresentada a sequência das tecnologias utilizadas pelo sistema e que permitem fazer localização do utilizador.

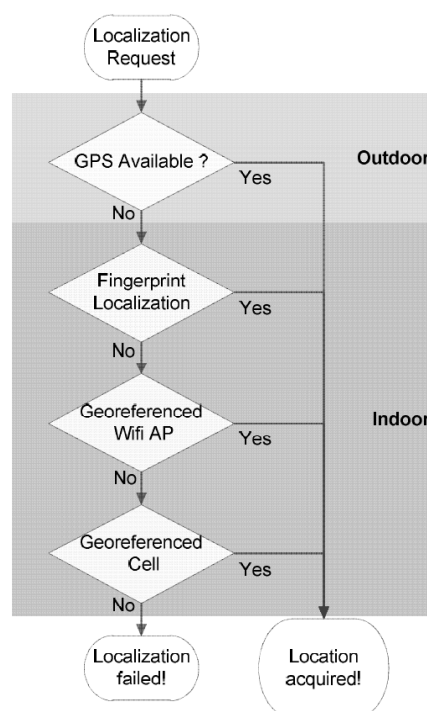


Figura 4 - Diagrama de tecnologias utilizadas pelo Locate me, adaptado de (Pereira, Guenda, & Carvalho, 2011)

A aplicação envia a localização atual do dispositivo para ser armazenada no servidor. Este sistema é bastante orientado ao utilizador, já que é possível adicionar sítios Wi-Fi à base de dados, a partir da localização do utilizador. A adição de locais é feita através da seleção no mapa e atribuição de uma tag correspondente. Também é possível desenhar uma planta de um edifício sobreposta no mapa, visível na figura 5, para obter representações mais precisas da posição do utilizador dentro de espaços fechados, e adicionar amigos para ver as suas localizações.

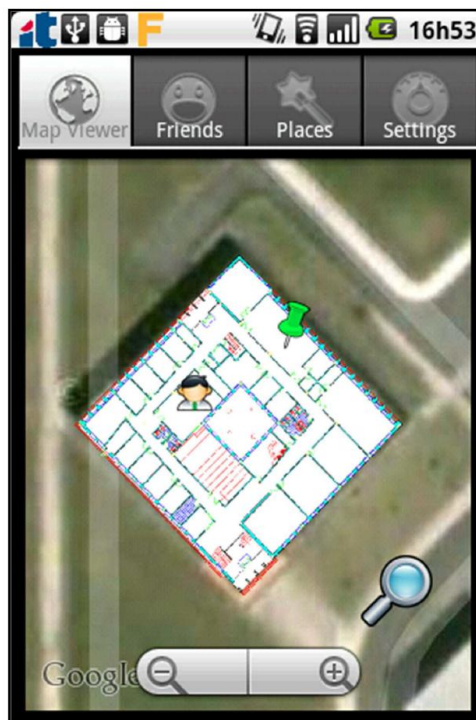


Figura 5 - Vista de mapa incluindo uma planta de um edifício, adaptado de (Pereira, Guenda, & Carvalho, 2011)

2.4. Dispositivos móveis

Hoje em dia, o conceito de *smartphone* e de *tablets* já é conhecido pela grande parte das pessoas. O *smartphone* consiste num telemóvel com muitas mais funcionalidades graças a ter incorporado um sistema operativo, enquanto os *tablets* servem geralmente como um computador portátil, mais pequeno, normalmente com ecrã de toque e sem teclado. Os sistemas operativos obrigam o *smartphone* e *tablets* a ter características mínimas de hardware, o que torna possível também que estes corram os mais diversos programas existentes em sites como o Google Play.

Alguns dos sistemas operativos mais usados em *smartphones* são:

- Google – Android
- Apple – IOS
- Windows –Windows Mobile
- BlackBerry – RIM
- Nokia – Symbian
- Java ME

Os dispositivos móveis são uma ferramenta muito útil e que pode ajudar quando temos o objetivo de fazer localização *indoor*, pois estes dispositivos normalmente têm um variado número de características que tornam possível, de diversas maneiras, localizar o indivíduo no interior de um edifício.

Todos os telemóveis têm características básicas para que seja possível a comunicação telefónica, ou seja todos recebem um sinal telefónico ou GSM (Sistema Global para Comunicações Móveis). Para além do acesso à rede telefónica, a maior parte dos telemóveis tem ainda incorporado um sistema de Bluetooth. O Bluetooth é uma especificação que tem

como objetivo a conexão e a troca de informação através de redes pessoais sem fios, a partir de telemóveis, *smartphones* e todos os aparelhos que suportem esta tecnologia.

A partir do lançamento dos *smartphones*, os telemóveis regulares perderam um pouco a sua importância pois os *smartphones* têm uma maior capacidade e oferecem mais e melhores características. Comparativamente aos telemóveis, os *smartphones* e os *tablets* têm integrado um sistema operativo que facilmente permite uma integração dos vários componentes do aparelho, como a câmara, o acelerómetro e magnetómetro, e ainda o acesso a redes Wi-Fi.

Com a integração das diversas características destes dispositivos, é possível desenvolver aplicações com um maior potencial e que permitem ao utilizador tirar maior partido dessa mesma aplicação. Como exemplo, com *smartphones* é possível através da integração do acelerómetro, do magnetómetro, das redes Wi-Fi e GSM, incorporadas no aparelho, fazer localização *indoor*.

3. Desenvolvimento

Neste capítulo, será feita uma análise do problema em estudo e explicada a solução desenvolvida para a sua resolução. São também apresentadas as tecnologias utilizadas durante o desenvolvimento da aplicação de localização *indoor*.

3.1. Análise do problema

Com o objetivo de conseguir criar uma aplicação que conseguisse fazer localização *indoor* por identificação de marcos, foi necessário escolher quais seriam os marcos mais adequados para que o programa funcionasse corretamente.

Durante a escolha do tipo de marcos a utilizar, existiam duas principais características que a aplicação necessitava de cumprir. A primeira característica relaciona-se com a aplicação ser uma aplicação móvel que pode funcionar tanto em dispositivos com pouco de poder de computação ou em dispositivos que tenham mais capacidade, enquanto que a segunda característica da aplicação consiste em identificar se esta deveria ser capaz de funcionar sem necessitar de fazer ligação a internet. Essa ligação nem sempre pode ser estabelecida quando o utilizador se encontra num edifício novo ou desconhecido e que possivelmente não tem Wi-Fi de acesso livre.

Visto que o Departamento de Informática foi escolhido como caso de teste, existiam várias hipóteses de escolha como marco, tais como utilizar uma fotografia da informação à entrada de cada sala ou então uma fotografia no corredor do departamento. Estas hipóteses

teriam necessidade de um grande poder de computação visto que seria necessário um algoritmo de computação gráfica que reconhecesse o local onde teria sido tirada a fotografia.

No final, o marco escolhido foi o QR Code visto que existem já implementados vários algoritmos e programas que facilitam a sua leitura e também porque este permite guardar o mais diverso tipo de informações.

Foi também necessário escolher a tecnologia a utilizar para o desenvolvimento, tendo em conta que se queria uma aplicação móvel e que funcionasse em diversos dispositivos, a melhor tecnologia livre e com fácil ligação a uma grande quantidade de dispositivos portáteis foi o *Android*.

3.2. Tecnologias a utilizar

Nesta secção, será explicado quais tecnologias foram utilizadas no desenvolvimento da aplicação final e as razões da escolha dessas tecnologias. As tecnologias escolhidas tiveram influência em todo o desenvolvimento, permitindo mais facilmente criar as funcionalidades pensadas para a aplicação.

3.2.1. Android

Android é um sistema operativo baseado num núcleo Linux para dispositivos móveis, desenvolvido pela *Open Handset Alliance*, liderada pela Google e outras empresas (Google Inc. (1), 2014).

A 5 de Novembro de 2007 foi anunciada pela Google a criação da *Open Handset Alliance* (OHA), um conselho com mais de 33 empresas parceiras e a plataforma Android que foi lançado ao público quase um ano depois a 21 de Outubro de 2008.

O Android é a maior plataforma móvel com um milhão de novos dispositivos ativados todos os dias em todo o mundo e os seus utilizadores descarregam mais de 1.5 biliões de aplicações e jogos todos os meses.

Com o lançamento do SDK do Android foi possível distribuir facilmente as especificações e características dos programas, o que também permitiu para que diversas empresas de software criassem as suas aplicações Android e as colocassem para venda na loja virtual da Google.

As aplicações criadas para Android utilizam uma combinação de Java e XML (eXtensible Markup Language) para que possam ser facilmente otimizadas para *smartphones*, *tablets* e outros dispositivos com apenas um binário.

O Android Development Tools (ADT) oferece um IDE Java completo com algumas características que ajudam no desenvolvimento, na fase de testes e de *deploy* da aplicação criada.

O Android utiliza a linguagem de programação Java na construção das suas Activities, que operam como classes principais e que permitem ao utilizador executar uma ação. Cada Activity tem associado um layout que é definido utilizando a linguagem XML e este layout tem diversas funcionalidades que o permitem ajustar automaticamente a diversos dispositivos diferentes com tamanhos de ecrã diferentes.

Uma Activity tem também um ciclo de funcionamento, apresentada na figura 6, que permite que esta ao ser programada tome comportamentos diferentes ao arrancar, ao ser parada ou ao ser terminada. Uma Activity ao ser iniciada, executa o método `onCreate()` passando no decorrer do tempo de funcionamento por outros métodos como, por exemplo, `onResume()`, `onPause`, ou `onRestart()`. Estes métodos permitem ao programador criar comportamentos muito complexos na sua aplicação pois o sistema operativo chama estes métodos que estão

3.2.2. QR Code

O QR Code ou Quick Response Code (DENSO WAVE, 2014), foi desenvolvido em 1994 pela indústria automóvel japonesa e tinha como objetivo ser usado para catalogar diferentes partes da construção de veículos. Hoje em dia, os QR Code ainda são muito usados para gerir o inventário de algumas grandes indústrias, mas também tem outras utilizações tais como em publicidades e revistas.

O QR Code é um tipo de código de barras em duas dimensões. Este código consistia inicialmente na utilização de pontos pretos quadrangulares sobre um fundo branco, embora mais recentemente já seja possível utilizá-los com diversas cores. Nestes códigos, podem ser guardados vários tipos de informação tais como números, texto, e-mails, informações de contato ou até código binário, entre muitos outros.

No programa de geração de QR Codes é utilizado uma biblioteca externa que permite gerar a partir de um programa Java os QR Codes com as informações desejadas de uma forma automática. Esta biblioteca permite com que seja rapidamente gerados todos os QR Codes a partir de um ficheiro com as informações a guardar em cada QR Code.

Esta tecnologia foi escolhida para servir de marcos para fazer localização pois estes conseguem guardar grandes quantidades de informação, sendo esses dados acerca de uma sala ou então de um docente ou funcionário.

3.2.3. ZXING e Barcode Scanner

A biblioteca *open source* ZXing (abreviado de Zebra Crossing) (ZXing Team (2), 2014) é uma biblioteca que permite aos utilizadores lerem códigos de barras, tanto 1D como 2D (QR Codes), a partir da câmara do seu dispositivo.

O ZXing é implementado em Java mas é possível ser usado também com outras linguagens de programação, nomeadamente, Android, C++, Ruby.

Existem também algumas aplicações que usam esta biblioteca como a aplicação Barcode Scanner que pode ser encontrada na Google Store.

Estas aplicações que usam a biblioteca Zxing suportam a leitura de códigos de barras convencionais como os que encontramos nos diversos produtos sempre que vamos a um supermercado, mas também suporta a leitura de códigos de barras bidimensionais como QRcode e Data Matrix.

A aplicação Barcode Scanner (ZXing Team (1), 2014), é uma das mais populares que pode ser encontrada na Android Store com mais de 100 milhões de downloads e mais de 648 000 ratings, em Outubro de 2014.

O Barcode Scanner será utilizado como um plugin da aplicação final para ajudar na leitura dos QR Codes através da câmara do dispositivo. Foi escolhida esta aplicação para ajudar na leitura dos QR Codes uma vez que ela permite ser chamada por outras aplicações Android desde que este esteja instalado no dispositivo. São poucas as aplicações que permitem ler QR Codes e que permitem ser chamadas por outras aplicações uma vez que por vezes estas são desenvolvidas pelos próprios fabricantes dos dispositivos Android. Sendo o ZXing e o Barcode Scanner aplicações open-source e livres é possível interligá-las às nossas aplicações o que é uma das grandes razões para a sua escolha para este projeto.

3.2.4. vCard

A estrutura vCard (Internet Engineering Task Force (IETF), 2011), é desenvolvida pela Internet Engineering Task Force (IETF). Esta estrutura é utilizada para guardar informação de contato de um ou de vários contatos. Geralmente, os vCard guardam informação que descreve pessoas ou até organizações.

O vCard utiliza uma sintaxe própria baseada em texto para codificar os seus objetos. Existem já várias versões desta sintaxe, sendo a última versão a 4.0. No entanto, a versão utilizada neste trabalho foi a versão 3.0, uma vez que algumas aplicações mais antigas não suportavam ainda a versão mais recente.

O vCard pode conter os mais diversos campos desde os mais simples como nome, número de telefone, email e endereço até a campos mais complexos como fotografias, localização geográfica ou até mesmo áudio.

Um vCard tem normalmente a estrutura apresentada no quadro 1.

Quadro 1 - Estrutura exemplo de um vCard

```
BEGIN:VCARD
VERSION:3.0
FN:John Doe
N:Doe;John;;;
SORT-STRING:Doe
ORG:Example Inc
ADR;type=WORK;;;123 Main Street Apt 234A;Anywhere;PA;15523;United States
EMAIL;type=INTERNET,pref:hi@vcrd.co
TEL;type=WORK,voice:412-999-5555
TEL;type=CELL,voice:412-999-9988
URL;type=WORK:http://vcardhosting.com
END:VCARD
```

Embora este exemplo apresente os principais campos que geralmente vão estar disponíveis num vCard, é sempre possível acrescentar outros campos que possam ser necessários para casos específicos dependendo do que estiver a ser descrito pelo vCard.

Para trabalhar com os vCards na aplicação Android, foi utilizada uma biblioteca externa que permite mais facilmente o *parsing* de vCards. A biblioteca utilizada denomina-se por ez-vcard e foi utilizada a versão 0.9.4 (Angstadt, 2014).

Esta biblioteca permite facilmente, a partir de um vCard em formato de texto, converter o texto numa classe Java VCard que guarda os dados e que permite aceder a esses dados a partir dos métodos dessa classe.

3.3. Protótipo

Nesta secção é descrita a aplicação protótipo criada com o objetivo de fazer Localização *Indoor* e permitir ao seu utilizador de se deslocar mais facilmente ao seu destino recebendo alguma informação que possa ser-lhe útil. É também descrito nesta secção como são criados os QR Codes que serão posteriormente utilizados como marcos no Departamento de Informática da Universidade do Minho.

3.3.1. Caso de estudo

O caso de estudo deste projeto foi o Departamento de Informática da Universidade do Minho, com o objetivo de ajudar os novos alunos a encontrarem as salas de aula e os seus novos professores.

No departamento existem cerca de 75 salas, distribuídas entre salas de aulas, gabinetes de docentes e salas técnicas, existem ainda perto de 60 pessoas ligadas ao departamento entre docentes e pessoal técnico.

O edifício está dividido em 5 pisos sendo os dois pisos inferiores maioritariamente salas de aula e de estudo, os dois pisos seguintes pisos de gabinetes do pessoal docente e laboratórios de investigação. O ultimo piso do departamento é uma sala de convívio aberta a todas as pessoas.

Para ser possível fazer localização *Indoor* dentro do edifício serão colocados QR Codes nas duas entradas do edifício sendo estas nos pisos 0 e no piso 2. Serão também distribuídos QR Codes e colocados a entrada de cada uma das salas do departamento.

Os QR Codes encontrados nas entradas do edifício contem informação dos docentes e do pessoal técnico do departamento enquanto os QR Codes a entrada das salas tem informação dessa mesma sala.

3.3.2. Estrutura dos QR Codes

Para a criação dos QR Codes foi pedida uma lista de todas as salas do departamento e a quem estas estão associadas. A lista fornecida continha informação essencial de cada sala e docente como nomes, emails, números de telefone. Embora esta informação seja um pouco limitada pois poderia conter alguma informação extra como grau académico, horário de atendimento fixo, horário de aulas e caso se aplique a que grupo ou laboratório estão associados dentro do departamento.

Após verificar a informação que estava disponível, foi analisado como colocar esta informação em cada marco de modo a ser possível fazer localização *indoor* a partir da sua leitura.

Existiam duas formas pensadas inicialmente, a primeira seria um QR Code com um texto estruturado e que fosse possível fazer parsing na leitura do código e a segunda foi utilizar uma especificação já existente com uma estrutura já definida e que se pudesse aplicar às necessidades da aplicação. Embora a primeira opção permitisse ajustar facilmente a informação contida no marco QR Code ao que fosse necessário para a aplicação funcionar, obrigava à

criação de um parser para a descodificação da informação, o que poderia vir a ser algo complexo. Na segunda opção, após alguma pesquisa, foi descoberto que existem especificações para informação de contato como, por exemplo, a especificação vCard. A especificação vCard determina um formato para um cartão de contato eletrónico, estruturado, com diversos campos o que permite com que seja possível incluir quase toda a informação desejada mesmo que esta não seja uma informação relevante para um cartão de contato.

Após a análise das duas alternativas estudadas, foi escolhida a especificação vCard em vez da criação de uma nova estrutura devido principalmente a que se um utilizador com o seu dispositivo quiser ler os dados existentes no QR Code enquanto este tem guardado um vCard, o dispositivo deteta automaticamente que se trata de uma informação de contato e automaticamente permite ao utilizador guardar essa informação ou utilizá-la. Se fosse criada uma nova estrutura de dados para o QR Code, esta só poderia ser utilizada pela aplicação criada para fazer a localização e orientação do utilizador pelo edifício.

Para poder gerar os QR Codes, foi necessário primeiramente decidir a estrutura e os dados que iriam constituir o vCard que este guarda. Como os dados existentes não eram demasiados específicos, foi possível integrá-los facilmente nos campos já existentes no vCard para o efeito.

Os campos utilizados para guardar os dados no vCard são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Dados utilizados nos vCard

```
FN: Laboratório Inteligência Artificial  
TEL;TYPE=WORK:604435  
ADR;TYPE=WORK ;;Gabinete 3.22;;;;;  
EMAIL:  
URL:www.di.uminho.pt
```

Os campos acima são retirados diretamente de um vCard construído no decorrer do trabalho. O campo FN ou Formatted Name é o campo que vai conter o nome associado ao

vCard, TEL é o campo que contem o número de telefone, ADR contem o endereço associado ao vCard e por fim os campos EMAIL e URL guardam os campos de email de contato e um url associado ao vCard respetivamente.

De entre estes campos, alguns podem aparecer diversas vezes pois podem existir vários telefones ou emails num só cartão de contato. Podem também existir diferentes tipos associados a um certo campo pois alguns campos estão associados, por exemplo, ao trabalho com sendo o tipo definido como WORK ou então HOME se o campo estiver associado a informação pessoal.

Depois de terem sido escolhidos os campos necessários para guardar a informação no vCard, era necessário adicionar um campo que permitisse distinguir que tipo de vCard estava guardado no QR Code, pois essa informação ia permitir ajudar o programa *Android* a identificar onde o utilizador se encontrava no momento em que leu o QR Code. Para isso, foi adicionado o campo CATEGORIES que permitiu utilizar 3 tipos de vCards. O campo CATEGORIES foi preenchido com os valores Room, Entrance0 ou Entrance2. O valor Room indica que o vCard está associado a uma sala e este foi lido a entrada dessa sala, os valores Entrance0 e Entrance2 estão respetivamente associados a vCards lidos a entrada do piso 0 e do piso 2 do Departamento de Informática.

No final, a estrutura do vCard guardado em cada QR Code será equivalente à estrutura apresentada no quadro 3.

Quadro 3 - Estrutura exemplo de um vCard a ser guardado num QR Code

```
BEGIN:VCARD
VERSION:3.0
FN:Laboratório Inteligência Artificial
TEL;type=WORK:604435
ADR;TYPE=work ;;Gabinete 3.22;;;;
EMAIL:
URL:www.di.uminho.pt
CATEGORIES:Room
END:VCARD
```

Esta estrutura será a estrutura utilizada aquando da criação dos QR Codes sendo dados equivalentes a estes a guardar em cada um dos QR Codes.

3.3.3. Programa de geração de QR Codes

Para a criação dos QR Codes, foi criado um programa Java que automaticamente gera os QR Codes a partir de um ficheiro CSV (Comma Separated Values) com os dados fornecidos das salas e dos docentes, e os transforma num vCard, que será guardado num QR Code para ser distribuído pelo Departamento de Informática.

Como existe um ficheiro CSV com os dados das salas e um outro com os dados do pessoal do departamento, é necessário gerar os QR Codes a partir dos dois ficheiros. Os QR Codes com os dados das salas serão colocados à entrada de cada sala e os QR Codes com informações dos docentes e pessoal não docente do departamento serão colocados nas duas entradas principais do edifício.

O programa de geração dos QR Codes analisa cada linha dos dados que estão em cada ficheiro CSV e a partir destes criar um vCard. Se os dados forem relativos a uma sala, no vCard o campo CATEGORIES vai estar preenchido com "Room" e se os dados forem relativos a alguma pessoa serão criados dois vCards e por consequência dois QR Codes, um com o campo CATEGORIES como "Entrance0" e o outro com o mesmo campo preenchido como "Entrance2".

Após a criação da estrutura vCard a ser guardada dentro QR Code, o programa de geração dos QR Codes, recorrendo a uma biblioteca externa qrgen1.4 que recebe o vCard com os dados de uma sala ou de uma pessoa, irá criar um ficheiro imagem com o QR Code contendo o vCard, iguais aos apresentados na figura 7.



Figura 7 - Exemplo de um QR Code criado

No final deste processo foram criados 76 QR Codes de salas, e 59 QR Codes de pessoas para colocar à entrada do edifício no piso 0 e outros 59 para a entrada no piso 2.

3.3.4. Aplicação Android

Nesta secção será apresentada a aplicação *Android* que, recorrendo à identificação de marcos, consegue localizar o seu utilizador dentro do edifício que tenha sido previamente configurado para que o programa execute corretamente.

A aplicação divide-se em três partes. A primeira parte consiste na escolha do destino e origem do utilizador. A segunda parte apresenta informação relevante de locais dentro do departamento. A terceira parte corresponde a uma representação gráfica onde mostra ao utilizador através das plantas do edifício, o local onde este se encontra e o local onde este se deseja deslocar.

Ao abrir a aplicação são apresentadas algumas instruções de uso da aplicação na pagina inicial como pode ser visto na figura 8.

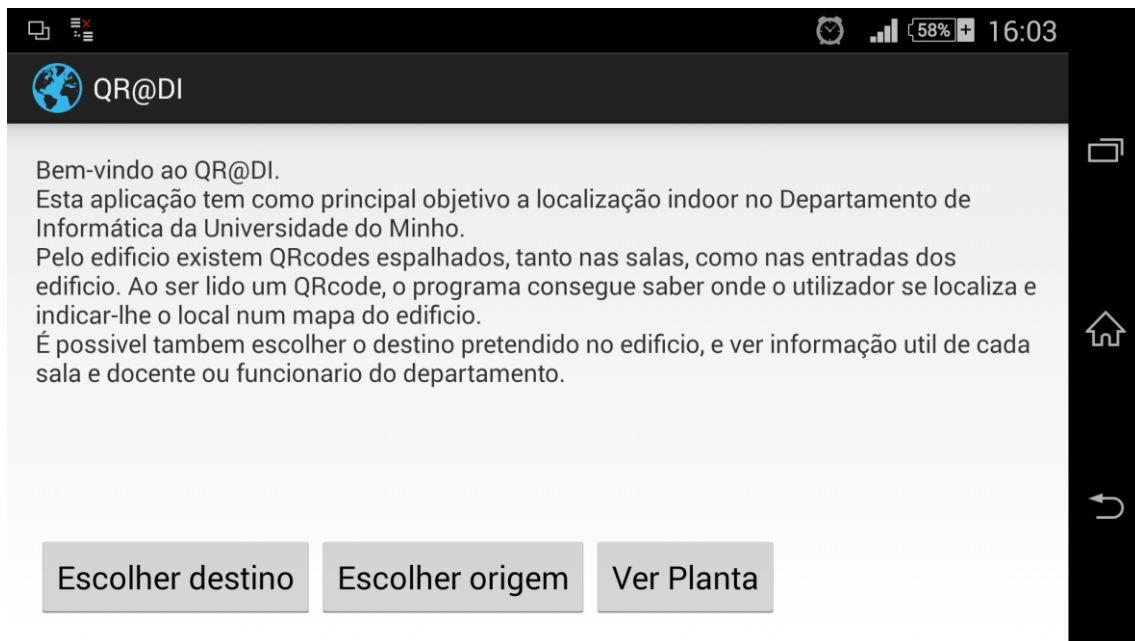


Figura 8 - Pagina inicial da aplicação

O conteúdo da pagina inicial vai mudando consoante a utilização que o programa vai tendo. Depois de o utilizador escolher o seu destino ou então a origem, essa informação passa a ser mostrada na página principal juntamente com informação importante, tal como os passos necessários para chegar ao seu destino.

Na página principal da aplicação, existem três botões que permitem ao utilizador navegar pela aplicação. O primeiro botão é o botão de escolher destino, o segundo o botão de escolher origem e por último o botão para ver as plantas do edifício. Cada um destes botões irá abrir uma Activity que mostrará a informação que lhe está associada e vai permitir ao utilizador, por exemplo, escolher um destino ou ver informação de uma sala. Cada Activity tem também um layout associado o que vai permitir que cada uma delas apresente informação diferente e permita ao utilizador ter ações diferentes durante a utilização da aplicação.

A primeira Activity a ser explicada é a que apresenta ao utilizador uma lista de todas as salas ou pessoas associadas ao departamento e permite a procura pelo seu destino ou então aceder a informações do que escolher. Esta Activity foi denominada de *DestinationActivity* e será apresentada a partir da página principal assim que o utilizador carregue num dos botões, tanto de escolher destino como de escolher origem.

Quando o utilizador quiser escolher um destino ou uma origem, a *DestinationActivity* será iniciada, carregando a lista de todas as salas do departamento por definição e mesmo que minimamente ajustando o seu layout, como é possível ver na figura 9, dependendo se o utilizador pretende escolher o seu destino ou indicar o local onde se encontra.

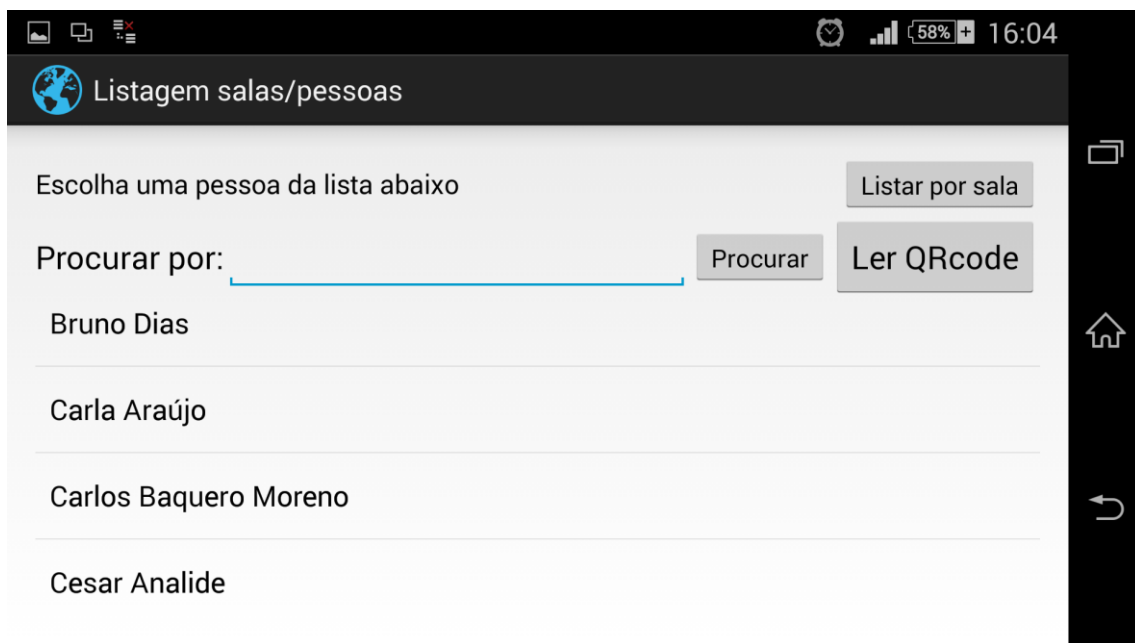


Figura 9 - Layout da DestinationActivity

Na *DestinationActivity*, existe sempre um botão que permite ao utilizador fazer com que os dados apresentados na lista vão alternando entre salas e pessoas para que seja possível uma mais fácil e eficaz procura do que o utilizador deseja. A partir dessa lista, é possível ao utilizador aceder a mais informação carregando na opção que pretende, o que irá abrir uma nova Activity onde a informação será apresentada.

Ainda na DestinationActivity, se esta for aberta com o intuito de escolher a origem do utilizador, será adicionalmente apresentado um botão que permitirá ao utilizador ler um dos QR Codes espalhados pelo edifício. Ao ser lido um destes QR Codes, a aplicação automaticamente identifica o local onde este foi lido e assim altera a origem do utilizador para esse local.

Para conseguir ler os QR Codes mais facilmente, foi utilizada uma outra aplicação Android, o Barcode Scanner. Se o utilizador não a tiver instalado no seu dispositivo, a página da loja Google Play do Barcode Scanner será aberta, permitindo ao utilizador livremente descarregar a aplicação. Se a aplicação de leitura dos QR Codes for chamada a partir da aplicação desenvolvida, esta ao ler um QR Code vai retornar em forma de texto a estrutura vCard que está embebida no QR Code lido. No caso da aplicação Barcode Scanner não ter sido aberta a partir da aplicação desenvolvida, esta mostrará ainda assim ao utilizador a informação de contato guardada num dos QR Codes criados. Ao ser possível ler os QR Codes e guardar a sua informação a partir de qualquer aplicação de leitura de QR Codes, como é possível verificar na figura 10, é possível fazer com que estes não fiquem associados exclusivamente a aplicação desenvolvida.

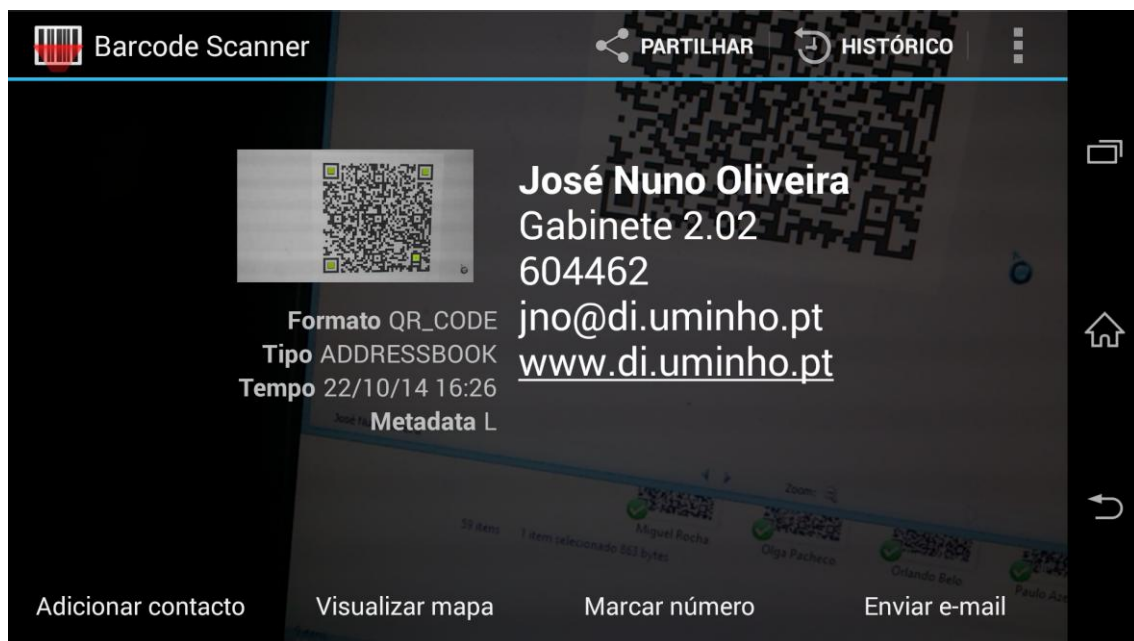


Figura 10 - Informação de contato lida de um QR Code por uma aplicação externa

Uma vez lido um QR Code ou escolhida uma origem, será apresentada, pela aplicação desenvolvida, informação acerca do local escolhido. Para isso existem duas outras Activities, a RoomActivity que apresenta a informação de uma sala e a PersonActivity que vai apresentar informação relevante sobre uma pessoa do departamento.

A PersonActivity é iniciada se o utilizador escolher uma pessoa da lista da DestinationActivity ou então se este ler um QR Code à entrada do piso 0 ou do piso 2. Ao arrancar, esta Activity é carregada com a informação da pessoa que foi escolhida. Para além do nome da pessoa, apresenta também qual o seu gabinete, o seu telefone, que geralmente é o mesmo que o do gabinete, e o seu endereço de email institucional. A partir da PersonActivity, existe sempre visível um botão que permite aceder à informação do gabinete associado à pessoa que está a ser apresentada.

A RoomActivity é muito semelhante à PersonActivity uma vez que o seu principal objetivo é também a apresentação de informação. A RoomActivity é iniciada ao escolher uma sala a partir da lista da DestinationActivity, ao ler um QR Code à entrada de uma sala ou então ao carregar no botão para ver informação do gabinete quando está a ser apresentada a informação de uma pessoa pela PersonActivity. Quando a RoomActivity é iniciada, esta carrega todos os dados disponíveis acerca da sala que o utilizador quer informação. A informação apresentada, também visível na figura 11, corresponde a todos os docentes ou outro pessoal que estejam associados a essa sala bem como o número de telefone dessa sala.

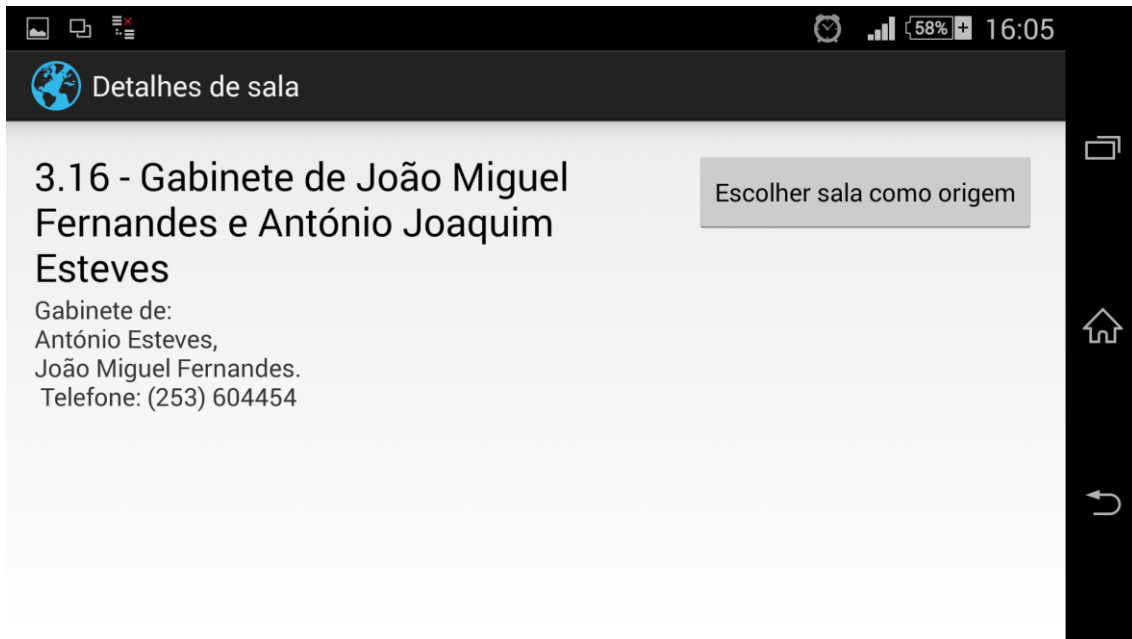


Figura 11 - Detalhes da Sala 3.16

Para além de apresentar informação, a RoomActivity permite ao utilizador escolher essa sala como o seu destino desejado ou então o local onde ele se encontra. Os botões podem não estar sempre presentes pois se o utilizador quiser escolher o seu destino, irá ser mostrado apenas o botão que permite a escolha dessa sala como destino. Se a sala a ser apresentada estiver definida como sala de destino ou como sala de origem, irá ser mostrado um botão que permite visualizar a planta do edifício e a sala marcada na planta.

A última Activity, designada como PlantaActivity, vai permitir ao utilizador ver no seu dispositivo as plantas do edifício. Para que fosse possível apresentar ao utilizador as plantas do edifício, foi necessário desenhá-las pois não existiam em suporte digital. Para desenhar as plantas, foram utilizadas as plantas de emergência do edifício como base e teve-se o cuidado para que estas ficassem o mais reais possíveis.

Na PlantaActivity, poderá ser também apresentada em destaque a sala de destino e de origem, permitindo ao utilizador com mais facilidade compreender e identificar o percurso a tomar para chegar ao seu destino. A sala de origem nas plantas está assinalada com a cor vermelha, enquanto que a sala de destino é apresentada com a cor verde.

Para ser possível apresentar as salas na planta como destino e origem, uma das duas alternativas teria de ser seguida: seria necessário criar uma imagem para cada combinação de salas destino-origem ou então a combinação das salas teria de ser desenhada dinamicamente na planta. Criar uma imagem para cada combinação seria difícil e requeria muito espaço de programa pois seriam utilizadas imensas imagens, foi escolhido o método de desenho dinâmico das salas escolhidas pelo utilizador na planta.

Como as ferramentas base do Android não permitiam a apresentação de imagens e ao mesmo tempo a sua edição de uma forma fácil e que pudesse ser alterada rapidamente, optou-se por utilizar um Canvas, uma ferramenta de desenho gráfico que seria incluída no layout da PlantaActivity através de um SurfaceView.

De maneira a conseguir desenhar as plantas dos diversos edifícios e a assinalar a verde ou vermelho as duas salas no Canvas, como apresentado na figura 12, foi necessário adicionar a cada sala dois pares de números que indicavam o espaço, em pixéis, que devia ser pintado caso a sala respetiva tivesse sido escolhida como destino ou origem. Assim foi adicionado um valor minX, minY, maxX e maxY a cada uma das salas.

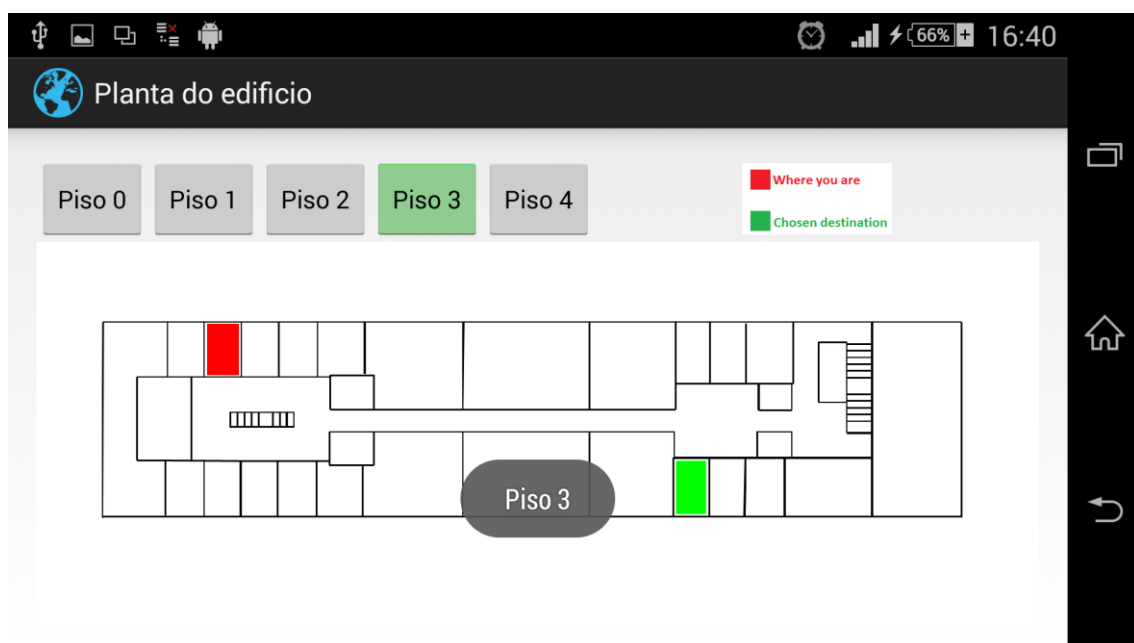


Figura 12 - Visualização da PlantaActivity com salas de origem e destino escolhidos

Para além de ser apresentado nas plantas do edifício os locais de origem e de destino do utilizador, de modo a permitir que este localize-se dentro do edifício e chegue ao seu destino mais facilmente, foi também implementado no mesmo Canvas que desenha as imagens das plantas uma ação de toque. Sempre que o utilizador toca numa sala que estava desenhada na planta, é aberta informação acerca da mesma através da RoomActivity. Foi ainda acrescentado um evento de Swipe, também integrado no Canvas, que permite ao utilizador mudar a planta do piso apresentado, deslizando o dedo para esquerda ou direita, o que ajuda a tornar a aplicação mais intuitiva para o utilizador.

Com o objetivo de tornar ainda mais intuitivo para o utilizador, o programa sempre que é escolhida uma nova origem ou destino, este cria uma mensagem em *Popup* indicando ao utilizador que sala foi escolhida, qual o QR Code que foi lido ou ate em que sala o utilizador clicou quando se encontra na PlantaActivity.

4. Análise de resultados

Depois de terminar o desenvolvimento da aplicação de localização *indoor*, esta foi experimentada no Departamento de Informática, uma vez que este foi escolhido como caso de estudo.

Primeiramente, foram colocados os QR Codes criados pela aplicação e distribuídos à entrada de salas do departamento, como é exemplificado na figura 13. Estes QR Codes foram utilizados como marcos e contêm informação relativa à sala a que estão associados.

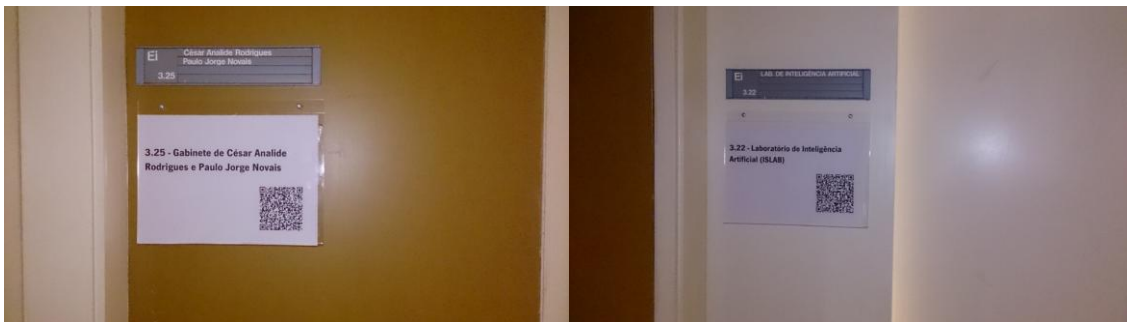


Figura 13 - QR Codes a entrada de duas salas do departamento

Após terem sido colocados os marcos em cada sala, foram colocados os QR Codes, correspondentes ao pessoal associado ao departamento, nas duas principais entradas do edifício. Nestas entradas, o espaço existente era pouco por isso foram colocados apenas alguns QR Codes, os quais são visíveis na figura 14, para efetuar os testes necessários.



Figura 14 - Lista de QR Code a entrada do piso do departamento

No fim da colocação dos QR Codes, foi testada a aplicação *Android* para orientar o utilizador e apresentar informação acerca do departamento. Foi simulado que o utilizador entrava no departamento pelo piso 2 e lia um QR Code de modo a ter mais informação da pessoa que procura no departamento. Essa simulação é exemplificada pela figura 15.

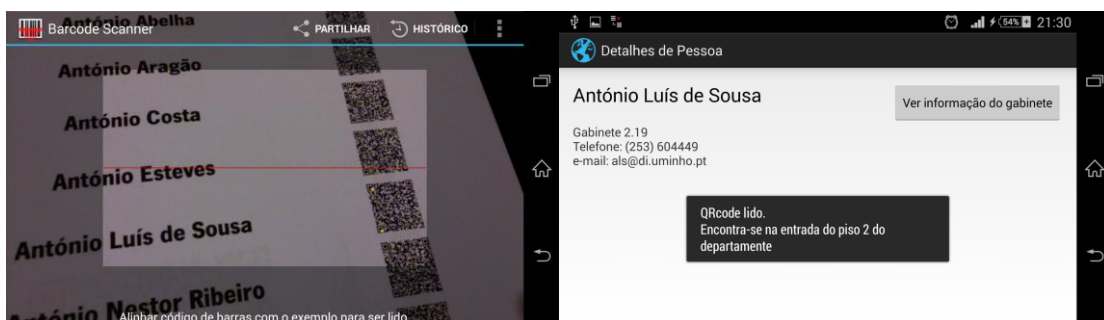


Figura 15 - Leitura de um QR Code a entrada do edifício (esquerda) e informação correspondente ao QR Code lido

Ao ler o QR Code a sua localização atual ou origem é alterada automaticamente para a entrada do piso 2 e é apresentada também a informação do QR Code lido.

Depois de ver a informação da pessoa a encontrar, o utilizador escolhe o seu gabinete como sala de destino e é apresentada a possibilidade de ver na planta do edifício, apresentada na figura 16, como pode chegar ao local que deseja.

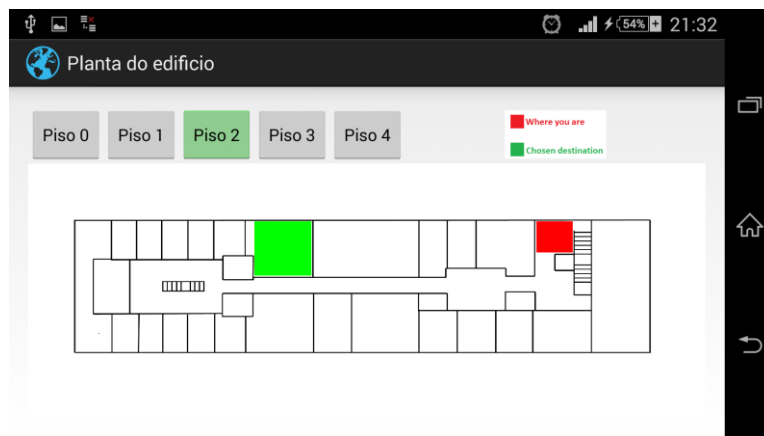


Figura 16 - Vista de planta do edifício onde é indicado o destino e a origem do utilizador

É possível, através da aplicação *Android*, o utilizador ter mais facilidade ao deslocar-se pelo edifício, principalmente se este lhe for completamente desconhecido, podendo deslocar-se diretamente ao local desejado e não ter de ir de porta a porta procurar a pessoa que quer encontrar.

5. Conclusão

Neste capítulo, é apresentada uma síntese do trabalho desenvolvido e o levantamento do cumprimento dos objetivos planeados no início do projeto. São também referidas algumas sugestões de trabalho futuro, de modo a que o projeto possa evoluir.

5.1. Síntese

Neste projeto, foi desenvolvida uma aplicação que efetuasse localização *indoor* no Departamento de Informática da Universidade do Minho. Para conseguir localizar o dispositivo do utilizador, foram utilizados marcos QR Code que foram espalhados pelo edifício e que contêm informação acerca das salas e também de quem está associado ao departamento, sendo docente ou não.

Foi criada uma aplicação Java para facilitar a geração dos QR Codes a partir de um ficheiro CSV (Comma Separated Values) contendo cada um deles a informação disponibilizada pelo Departamento de Informática. Todos os QR Codes foram criados contendo informações ou do pessoal do departamento ou com informação de uma sala. Para guardar a informação de contato no QR Code, foi usada a estrutura vCard que permite com que os QR Codes, ao serem lidos, apresentem informação de contato que foi guardada neles, independentemente da aplicação que os lê.

A partir da aplicação Android, é possível identificar o local onde o marco QR Code é lido e atribuir esse local como local atual do utilizador. Para além de identificar onde o utilizador se

encontra, o programa apresenta também toda a informação existente acerca da sala ou pessoa a que esse QR Code estava associado. Dependendo das necessidades do utilizador, apenas mostrar a informação associada a um QR Code pode não ser suficiente, por isso é possível definir uma sala do departamento como destino pretendido.

Na aplicação Android, é possível também visualizar as plantas do edifício divididas por piso. Uma das dificuldades encontradas foi o facto das plantas do edifício não existirem em formato digital. Por isso, para resolver esta situação, foram utilizadas fotografias das plantas de emergência do edifício para gerar as plantas em formato digital possível de utilizar no programa. Na `PlantaActivity`, para além de mostrar uma imagem com uma planta de um piso, é possível também ver o local de origem e de destino se o utilizador os tiver escolhido previamente. A imagem da planta é alterada instantaneamente sempre que o utilizador altera o seu destino pretendido ou então o local onde se encontra. A partir desta visualização, é possível ajudar o utilizador a perceber mais facilmente onde se encontra e que caminho tomar para chegar ao seu destino.

Para que fosse possível representar todas as salas como destino ou origem na `PlantaActivity`, foi necessário verificar os pixéis a serem desenhados ou a verde ou a vermelho correspondentes a cada sala na imagem do seu piso.

Para que a aplicação se adaptasse a todos os tipos de ecrã foi necessário, ainda na `PlantaActivity`, ajustar o `Canvas` onde são desenhados as plantas para que este se ajustasse ao tamanho do ecrã e que ajustasse também o que fosse desenhado ao espaço disponível para o efeito.

Com a criação dos marcos em QR Code e a aplicação Android que permite ao utilizador localizar-se dentro do edifício, é possível afirmar que os objetivos propostos foram cumpridos.

Uma vez que a aplicação de localização foi desenvolvida em Android, esta é uma aplicação móvel e que permite a sua utilização em todos os dispositivos que tenham instalado um sistema operativo Android, logo esse primeiro objetivo foi cumprido, juntamente com o objetivo da aplicação ser funcional mesmo sem conexão a internet, o que também não é necessário para que esta funcione em pleno.

Através da aplicação, é possível descobrir mais informação de cada sala do edifício bem como do pessoal associado ao departamento e a partir das plantas onde é indicado o local de origem e de destino do utilizador, é possível orientá-lo de modo a este chegar ao destino pretendido, logo esses dois objetivos são também dados como cumpridos.

5.2. Trabalho futuro

Embora este projeto tenha terminado, há sempre algo a ser melhorado. Nesta secção, ficam algumas ideias do que poderia ser melhorado e adicionado de modo a complementar a aplicação Android no futuro.

Devido à falta de experiência com o Canvas, é possível melhorar as plantas do departamento que são apresentadas no programa e a visualização do percurso a tomar para alcançar o destino. Para isso pode ser feito no Canvas uma espécie de rota, com setas ou a tracejado, que permita ao utilizador uma melhor visualização de como chegar onde quer.

Embora seja apresentada toda a informação disponibilizada pelo departamento, quando o utilizador pede para ver informação acerca de uma sala ou de uma pessoa, a informação mostrada ainda é um pouco escassa. Para combater esta lacuna, poderia ser criado um *webservice* que permitisse a aplicação receber dados mais detalhados acerca do que o utilizador está interessado em pesquisar. Embora a aplicação consiga funcionar completamente independentemente da sua ligação à Internet, o acesso a informação externa seria uma grande vantagem. Ainda foi tentado numa fase final em colaboração com o departamento a criação de um *webservice* que fornecesse algumas informações mais detalhadas, infelizmente o tempo foi curto e tornou-se impossível fazer com esta possibilidade fosse explorada.

6. Referências

- Angstadt, M. (31 de Maio de 2014). *A vCard parser library written in Java*. Obtido de ez-vcard: <https://code.google.com/p/ez-vcard/>
- DENSO WAVE. (15 de Outubro de 2014). *History of QRCode*. Obtido de QRCode.com: <http://www.qrcode.com/en/history/>
- Google Inc. (1). (26 de Setembro de 2014). *The android source code*. Obtido de Android Developers: <http://source.android.com/source/index.html>
- Google Inc.(2). (21 de Outubro de 2014). *Android Developers*. Obtido em 22 de Outubro de 2014, de <http://developer.android.com/reference/android/app/Activity.html>
- Internet Engineering Task Force (IETF). (Agosto de 2011). *RFC 6350*. Obtido em 25 de Fevereiro de 2014, de vCard Format Specification: <http://tools.ietf.org/html/rfc6350>
- Liu, H., Darabi, H., Banerjee, P., & Liu, J. (2007). Survey of Wireless Indoor Positioning. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, 1067 - 1080.
- Martin, E., Vinyals, O., Friedland, G., & Bajcsy, R. (2010). Precise Indoor Localization Using Smart Phones. *Proceedings of the international conference on Multimedia (MM '10)* (pp. 787-790). New York, NY, USA: ACM.
- Ni, L. M., Liu, Y., Lau, Y. C., & Patil, A. P. (1 de Novembro de 2004). LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID. *Wireless networks*, 10, pp. 701-710.

- Otsason, V., Varshavsky, A., LaMarca, A., & Lara, E. d. (2005). Accurate GSM Indoor Localization. *UbiComp 2005: Ubiquitous Computing* (pp. 141-158). Tokyo, Japan: Springer Berlin Heidelberg.
- Pereira, C., Guenda, L., & Carvalho, N. B. (2011). A Smart-Phone Indoor/Outdoor. *2011 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*, (pp. 21-23). Guimarães, Portugal.
- Ravi, N., Shankar, P., Frankel, A., Elgammal, A., & Iftode, L. (2006). Indoor Localization Using Camera Phones. *Proceedings of the Seventh IEEE Workshop on Mobile Computing Systems & Applications (WMCSA'06)* (pp. 1-7). Orcas Island, WA: IEEE.
- Sana. (2013). A Survey of Indoor Localization Techniques. *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 69-76.
- ZXing Team (1). (15 de Outubro de 2014). *Barcode Scanner*. Obtido de Google Play: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.zxing.client.android>
- ZXing Team (2). (24 de Outubro de 2014). *Zxing*. Obtido de Zxing-github: <https://github.com/zxing/zxing>