



CATÓLICA

ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

IPIN: SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO E NAVEGAÇÃO *INDOOR* COM LEITURA DE QR CODES

por

Simone Conceição Costa Sá

Julho 2023



CATÓLICA

ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

IPIN: SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO E NAVEGAÇÃO *INDOOR* COM LEITURA DE QR CODES

Tese apresentada à Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa para a
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica

por

Simone Conceição Costa Sá

Orientador: Engenheiro Bruno Alexandre Reis de Almeida
Craftable Software

Co-Orientador: Prof. Doutor Pedro Miguel de Luís Rodrigues
Escola Superior de Biotecnologia, Universidade Católica Portuguesa

Julho 2023

Agradecimentos

Dado o caráter desafiante deste trabalho, não posso deixar de enaltecer e agradecer a ajuda de quem tanto contribui para o desenvolvimento deste projeto e que, direta ou indiretamente, permitiram que este se tornasse possível.

Primeiramente e de forma muito especial, gostaria de agradecer ao meu orientador, Engenheiro Bruno Almeida, por toda a paciência, sábia orientação e constante disponibilidade e entusiasmo no decorrer deste trabalho. O desenvolvimento desta tese não seria possível sem a sua persistência, incansável ajuda e conhecimento transmitido ao longo destes meses.

Agradeço também ao meu co-orientador, Professor Dr. Pedro Rodrigues, por todos os conselhos e sugestões dadas, assim como pelo tempo que disponibilizou para me ajudar e esclarecer todas as dúvidas que surgiram durante o processo de elaboração da dissertação. O seu apoio e dedicação foram muito importantes para o desenvolvimento desta tese.

Gostaria também de expressar um agradecimento à Professora Dra. Ana Oliveira pelo apoio, conselhos e sugestões que foram essenciais no decorrer destes meses.

Quero agradecer de forma especial à minha amiga e colega Carla Sousa pelo apoio e companheirismo ao longo de todo o percurso.

Não posso deixar de agradecer a todos os membros da empresa Craftable Software por me terem prestado o apoio necessário sempre que precisei e por todos os ensinamentos transmitidos ao longo desta jornada.

Por fim, mas não menos importantes, gostaria de agradecer aos meus pais por garantirem e permitirem que os meus objetivos pessoais e profissionais sejam diariamente concretizados, por todo o carinho, dedicação e amor que foram capazes de me proporcionar.

Quero também agradecer de forma muito especial à minha irmã Joana Sá por todo o apoio e por ter sido o meu refúgio sempre que precisei.

Finalmente, gostaria de agradecer a todos os meus amigos, e em particular ao meu melhor amigo e namorado, pelo carinho, compreensão e apoio incondicional.

A todos, um sincero Muito Obrigada!

Resumo

A elevada complexidade da arquitetura das instalações hospitalares, os avanços a nível tecnológico e o facto de estas instalações serem dinâmicas, especializadas e estarem em constante mutação tornam o fluxo no interior das mesmas cada vez mais intenso e desorganizado. Tal influencia negativamente a operacionalidade, segurança e flexibilidade destas instituições.

Neste sentido, o presente trabalho de mestrado destina-se ao desenvolvimento de uma solução que pretende colmatar a dificuldade sentida, por parte dos utilizadores de hospitais, em encontrar determinadas zonas dentro do mesmo. Consiste numa aplicação *mobile* que utiliza a leitura de QR Codes como tecnologia para a localização do utilizador e indicação do trajeto que o mesmo pode efetuar para chegar ao destino desejado. O caso de estudo deste projeto foi o piso -1 da sede do Porto da empresa Craftable Software onde se procedeu à colocação de QR Codes estrategicamente pelo edifício que, quando lidos, permitem identificar o posicionamento do utilizador. Com base na informação relativa à localização atual do utilizador e ao destino final escolhido pelo mesmo, é apresentado um mapa com a ilustração do trajeto a efetuar, indicando o número de passos a dar até alcançar o QR Code seguinte. O utilizador deverá ler os QR Codes sucessivamente até alcançar o destino pretendido de modo a monitorizar a sua localização à medida que percorre o trajeto descrito no mapa.

Para criar esta prova de conceito usa-se como linguagem de programação o JavaScript, como *framework* o React Native e a tecnologia Expo como plataforma de desenvolvimento, que publica e atualiza a aplicação diretamente na nuvem. O comando “npm start” é executado no terminal do ambiente de programação Visual Studio Code, para iniciar o projeto. O Git controla as versões de código fonte, o GitHub funciona como repositório remoto de Git e o Fork como elo de ligação entre o repositório remoto e o GitHub.

Efetuiu-se uma análise financeira do projeto para avaliar a sua viabilidade económica, tendo-se calculado o investimento inicial, os custos fixos e variáveis anuais e as receitas anuais, e, em função dos resultados líquidos estimados, prevê-se que o investimento seja recuperado logo no início do quinto ano.

O objetivo primordial deste trabalho foi cumprido dado que foi possível desenvolver uma prova de conceito de uma aplicação *mobile* para localizar e orientar os utilizadores dentro de hospitais. Esta solução é confiável, intuitiva, barata, única no mercado e de acesso imediato. As perspetivas futuras assentam na implementação de funcionalidades adicionais, como a existência de um *refresh* automático da localização do utilizador a cada passo dado, a existência de uma página de login que recolha informações relativas ao utilizador e conecte diretamente ao hospital, o cálculo do tamanho da passada em função do sexo e altura do utilizador, a criação de uma base de dados externa, o desenvolvimento de um algoritmo para a identificação automática do trajeto a efetuar ou a apresentação do mesmo recorrendo a coordenadas pré-definidas e a implementação de um produto mais robusto em ambiente hospitalar. Além disso, é necessário obter a certificação do produto e o investimento financeiro inicial para a sua comercialização.

Palavras-chave: fluxo hospitalar, localização e navegação *indoor*, aplicação *mobile*, QR Codes

Abstract

The highly complex architecture of hospital facilities, technological advances, and the fact that these facilities are dynamic, specialized, and constantly changing make the flow inside them increasingly intense and disorganized. This negatively influences the operability, security, and flexibility of these institutions.

In this sense, this master's work is intended to develop a solution that aims to overcome the difficulty felt by hospital users to find certain areas within it. It consists of a mobile application that uses the reading of QR Codes as a technology to locate the user and indicate the route to reach the desired destination. The case study of this project was the -1 floor of the company's Craftable Software Porto's headquarters where QR Codes were placed strategically throughout the building that, when read, allow the identification of the user's position. Based on information about the user's current location and the final destination chosen by the user, a map is displayed illustrating the route to take, indicating the number of steps to take until reaching the next QR Code. The user must read the QR Codes successively until reaching the desired destination in order to monitor their location as they travel along the route described on the map.

To create this proof of concept we use JavaScript as the programming language, React Native as the framework, and Expo as the development platform, which publishes and updates the application directly in the cloud. The command "npm start" is executed in the terminal of the Visual Studio Code programming environment to start the project. Git controls the source code versions, GitHub acts as the remote Git repository and Fork as the connection between the remote repository and GitHub.

A financial analysis of the project was made to evaluate its economic viability, and the initial investment, annual fixed and variable costs, and annual revenues were calculated, and, depending on the estimated net result, the investment is expected to be recovered early in the fifth year.

The main goal of this project was achieved since it was possible to develop a proof-of-concept of a mobile application to locate and guide users inside hospitals. This solution is reliable, intuitive, low-cost, unique, and immediately accessible. The future perspectives are based on the implementation of additional functionalities, such as the existence of an automatic refresh of the user's location at each step taken, the existence of a login page that collects information regarding the user and establishes a direct connection to the hospital, the calculation of the step size according to the user's gender and height, the creation of an external database, the development of an algorithm for the automatic identification of the route to take or the presentation of it using predefined coordinates, and the implementation of a more robust product in a hospital environment. In addition, it is necessary to obtain the product certification and the initial financial investment for its commercialization.

Keywords: hospital flow, indoor positioning and navigation, mobile application, QR Codes

“Success is the sum of small efforts, repeated day in and day out.”

Robert Collier

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Símbolos e Abreviaturas	xv
Capítulo 1 - Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Motivações	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Metodologias de Investigação	3
1.5 Estrutura do documento.....	4
Capítulo 2 - Estado da Arte	5
2.1 Sistemas de Localização	5
2.1.1 Caracterização dos sistemas de localização	5
2.1.2 Classificação do desempenho de um sistema de localização.....	6
2.1.3 Sistemas de Localização <i>Indoor</i> Vs Sistemas de Localização <i>Outdoor</i>	6
2.2 Sistemas de Navegação	6
2.3 Recursos Tecnológicos e Cognitivos	8
2.4 Posicionamento.....	9
2.5 Representação.....	11
2.6 Descrição do Trajeto	14
2.7 QR Code	15
2.7.1 Processo de Leitura de QR Codes	16
2.7.2 Meios de descodificação.....	17
2.8 Dispositivos móveis.....	18
Capítulo 3 - Desenvolvimento.....	21
3.1 Análise do Problema - Intenso Fluxo Hospitalar	21

3.2	Planeamento do desenvolvimento da prova de conceito	23
3.3	Prova de Conceito.....	25
3.3.1	Caso de Estudo.....	25
3.3.2	Análise dos Resultados.....	26
Capítulo 4	- Análise de Negócio.....	37
4.1	Dimensão do mercado e clientes.....	37
4.2	Análise da Concorrência	38
4.2.1	Navigine	38
4.2.2	QR_STU.....	39
4.2.3	Mapsted.....	41
4.2.4	MapsIndoors	41
4.2.5	Buzzstreets	42
4.2.6	Comparação da Qrmap com a concorrência.....	43
4.3	Planeamento Estratégico	44
4.4	Análise Financeira	45
4.4.1	Investimento Inicial.....	45
4.4.2	Custos Fixos Anuais.....	46
4.4.3	Custos Variáveis Anuais.....	47
4.4.4	Receitas	47
4.4.5	Resultados Líquidos.....	48
Capítulo 5	- Conclusão e Trabalhos Futuros	51
Referências Bibliográficas	55

Índice de Figuras

Figura 1: Sistema de navegação com posicionamento passivo ^[11]	10
Figura 2: Composição e estrutura dos QR Codes ^[30]	17
Figura 3: Diagrama de fluxo da prova de conceito	23
Figura 4: Logótipo da prova de conceito	26
Figura 5: Homepage	29
Figura 6: Página de Seleção do Distrito e Hospital	29
Figura 7: Página de leitura do QR Code	31
Figura 8: Página da Localização Atual	31
Figura 9: Página do Destino Final	32
Figura 10: Página de apresentação do Trajeto	33
Figura 11: Página de apresentação do Trajeto devidamente atualizado	34
Figura 12: Número de Hospitais em Portugal entre 2010 e 2020 ^[42]	37
Figura 13: Páginas do Scan do QR Code	40
Figura 14: Planta do Departamento de Topografia da Slovak University of Technology na Bratislava	40
Figura 15: Apresentação do trajeto a percorrer pelo utilizador	41
Figura 16: Análise SWOT da QRmap	45
Figura 17: Resultado Líquido dos períodos	49

Índice de Tabelas

Tabela 1: Comparação da QRmap com a concorrência.....	43
Tabela 2: Tabela relativa ao investimento inicial.	46
Tabela 3: Tabela relativa aos custos fixos anuais.	46
Tabela 4: Tabela relativa aos custos variáveis anuais.	47
Tabela 5: Tabela relativa às receitas anuais.	48
Tabela 6: Tabela relativa aos resultados líquidos dos períodos.	48

Símbolos e Abreviaturas

AOA – Angle of Arrival

API – Application Programming Interface

APP – Application

BLE – Bluetooth Low Energy

CMS – Content Management System

GPS – Global Positioning System

GSM – Global System for Mobile Communications

GUI – Graphical User Interface

INS – Inertial Navigation System

iOS – iPhone Operating System

IPS – Indoor Positioning System

LED – Light Emitting Diode

NFC – Near Field Communications

PDR – Pedestrian Dead Reckoning

Poi – Point of Interest

QR Code – Quick Response Code

RFID – Radio Frequency Identification

RSS – Really Simple Syndication

RSSI – Received Signal Strength Indicator

SDKS – Software Development Kits

TDOA – Time Difference of Arrival

TOA – Time of Arrival

UWB – Ultra Wide Band

VLC – Visible Light Communication

VS Code – Visual Studio Code

Capítulo 1 - Introdução

Os Sistemas de Localização *Indoor* (IPS) têm vindo a ser intensamente estudados dada a sua importância e necessidade atual. Estes permitem identificar corpos localizados no interior de edifícios, o que o Sistema de Posicionamento Global (GPS) não é capaz de fazer dada a sua baixa performance. Estes sistemas consistem num conjunto de técnicas, algoritmos, dispositivos e/ou aplicações que, quando combinadas, determinam as coordenadas relativas ou absolutas de um corpo num ambiente *indoor*.

Os sistemas de navegação em ambientes *indoor* desconhecidos são essenciais dada a complexidade desta tarefa. Este processo requer a identificação da localização do utilizador e a sua orientação durante o processo de deslocação. Os sistemas de navegação proporcionam aos utilizadores uma melhor orientação e deslocação, tornando o processo de navegação mais rápido e eficiente. Alguns destes sistemas recorrem à informação relativa à posição do utilizador de forma contínua, designando-se adaptativos. Contudo, existem sistemas que não usam nenhuma tecnologia que efetue essa identificação de forma contínua, sendo incapazes de se ajustarem ao contexto automaticamente. Estes designam-se sistemas não adaptativos.

Neste trabalho, pretende-se criar uma aplicação *mobile* em ambiente hospitalar que seja capaz de identificar a localização do utilizador e o auxiliie na sua deslocação/navegação no interior destas instalações. Para tal, recorre-se a uma tecnologia distinta das tipicamente usadas, como o GPS ou a deteção de redes Wi-Fi. Esta abordagem passa pela colocação estratégica de QR Codes pelo edifício e posterior leitura dos mesmos para a identificação do posicionamento atual do utilizador. Pretende-se ainda que seja indicado ao utilizador como alcançar o destino desejado, mostrando pontos de interesse e/ou locais por onde o utilizador passa e descrevendo o trajeto que o mesmo deve efetuar.

1.1 Enquadramento

As técnicas de localização externa são ferramentas essenciais nos dias de hoje, essencialmente o GPS. Este sistema recorre pelo menos a três satélites para determinar a latitude, longitude e altitude do dispositivo. Quando o utilizador se encontra num ambiente *outdoor*, o GPS funciona como esperado. Contudo, quando este se encontra num ambiente *indoor* a capacidade de comunicação com os satélites é limitada, o que impossibilita o bom funcionamento deste sistema. Neste sentido, a aposta no estudo e desenvolvimento de IPS's que forneçam uma localização interna do dispositivo tornou-se fulcral ^[1] ^[2].

Adicionalmente, as pessoas despendem cerca de 80% a 90% do seu tempo em recintos fechados, nomeadamente áreas funcionais em espaços como centros comerciais, aeroportos, hospitais, entre outros. Estes espaços são e estão a tornar-se cada vez maiores e mais complexos, o que dificulta a navegação das pessoas no interior destas instalações. Esta dificuldade sentida por utilizadores de hospitais promove

um intenso e desorganizado fluxo, resultando numa deslocação morosa por parte dos utilizadores das instalações hospitalares ^[1].

Ainda não existem sistemas de navegação para ambientes *indoor* comparáveis aos que já existem para ambientes *outdoor*. Contudo, existem diversas soluções na literatura, algumas das quais já estão a ser comercializadas ^{[3] [4]}.

Existem diversas tecnologias que são utilizadas nestes sistemas de localização e navegação *indoor*, nomeadamente Bluetooth, RFID (*Radio Frequency Identification*), triangulação de redes Wi-Fi, *ZigBee*, localização magnética, sistemas de navegação inercial (INSs), entre outros. A grande parte das tecnologias anteriormente mencionadas, para além de requererem a posse de equipamento por parte do utilizador, por vezes, também implicam a distribuição de equipamento pelo edifício.

Uma abordagem distinta a este problema de localização e navegação *indoor* passa pela colocação estratégica de QR Codes pelo edifício e posterior leitura dos mesmos para a identificação do posicionamento atual do utilizador. Em função da posição inicial, obtida pela leitura do primeiro QR Code, e do destino final escolhido pelo utilizador, é apresentado um mapa com a representação do trajeto que o utilizador deve efetuar. Ao longo desse trajeto, o utilizador deve ir lendo sucessivamente os QR Codes que vão surgindo no seu caminho e que se encontram devidamente identificados no mapa de modo a monitorizar a sua localização ao longo do tempo. No sentido de facilitar o processo de identificação destes QR Codes, o utilizador será informado do número de passos a dar até alcançar o QR Code seguinte.

1.2 Motivações

A deslocação de indivíduos no interior de instalações hospitalares é um fator de extrema importância no bom funcionamento dos hospitais, na medida em que influencia a segurança, flexibilidade e operacionalidade dos mesmos. Este intenso e desorganizado fluxo sentido no interior destes estabelecimentos resulta essencialmente do elevado grau de complexidade da arquitetura destes edifícios proporcionado principalmente pelos avanços tecnológicos, que tornam estas instalações dinâmicas e em constante mutação ^[5].

A solução proposta será útil para os utilizadores das instalações hospitalares que buscam informações de como alcançar um determinado destino. Embora esta ideia seja focada para ser implementada em ambiente hospitalar, poder-se-á futuramente adaptar no sentido de a utilizar noutras instalações cujo grau de complexidade da arquitetura é elevado.

A localização *outdoor* recorre a tecnologias de baixa viabilidade e pouco adequadas quando aplicadas em ambientes *indoor*. Neste sentido, é fulcral criar soluções que possibilitem a localização em espaços fechados.

Algumas das tecnologias usadas atualmente, para além de serem pouco viáveis no que concerne à localização do dispositivo em ambientes *indoor*, por vezes, requerem a instalação de determinado

hardware, desde dispositivos especificamente criados para efetuar a localização do utilizador à instalação de dispositivos por todo o edifício. Adicionalmente este tipo de equipamentos, na maioria das vezes, são dispendiosos.

1.3 Objetivos

O presente projeto consiste na criação de uma aplicação *mobile* para localização e navegação *indoor*. O principal objetivo deste projeto é facilitar o processo de deslocação de indivíduos no interior de instalações hospitalares através da identificação da sua localização e orientação dentro destes edifícios.

A aplicação deve ser capaz de receber informação de QR Codes de modo a saber onde é que o utilizador se encontra. Seguidamente deve indicar o trajeto que o utilizador deve efetuar orientando-o para o seu destino final. No sentido de monitorizar o trajeto que o utilizador está a efetuar, este deve ir lendo sucessivamente os QR Codes que vão surgindo no seu caminho e que se encontram devidamente identificados no mapa. Estes QR Codes retornam a localização atual do utilizador de forma sucessiva permitindo a identificação do seu posicionamento.

A informação disponibilizada pelos QR Codes deve ser suficiente para localizar e orientar o utilizador sem que seja necessário recorrer a qualquer serviço de comunicação, como a internet. Esta funcionalidade é essencial dada a baixa possibilidade de acesso à rede móvel em alguns edifícios.

O caso de estudo para a implementação da prova de conceito foi o piso -1 dos escritórios do Porto da Craftable Software, embora esta prova de conceito tenha sido projetada no sentido de ser implementada em instalações hospitalares.

1.4 Metodologias de Investigação

A metodologia adotada nesta dissertação foi a metodologia de ação-pesquisa. Esta metodologia cíclica implica uma investigação ativa durante todo o processo.

Primeiramente, identificou-se e definiu-se o problema a resolver através da recolha e tratamento de informação. Deste modo, foi possível criar uma base de sustentação para a resolução do problema identificado.

Seguidamente, efetuou-se o estudo do estado da arte tendo-se analisado projetos referentes ao tema.

Posteriormente, efetuou-se um planeamento para alcançar a solução proposta, tendo sido tomadas ações no sentido de implementar a solução.

Finalmente, a solução deve ser analisada e avaliada. Na eventualidade de ainda não estar finalizada e não cumprir os objetivos propostos, retoma-se o ciclo desde o início, no sentido de melhorar a solução criada.

1.5 Estrutura do documento

Este documento é composto essencialmente por cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta um conteúdo introdutório e as motivações, objetivos e metodologias de investigação subjacentes a este projeto de dissertação.

O segundo capítulo remete para o estado da arte onde é feito o levantamento de informação relevante relacionada com o tema do projeto.

No terceiro capítulo é apresentado o projeto desenvolvido efetuando-se uma análise do problema em questão, apresentação, explicação e análise das tecnologias adotadas e demonstração da aplicação criada.

No quarto capítulo é efetuada uma análise de negócio e é feita uma pesquisa de soluções concorrentes relacionadas com a localização e navegação *indoor*. Para além disso, é também efetuada uma análise financeira do projeto.

Finalmente, no quinto capítulo são identificadas as principais dificuldades encontradas durante o desenvolvimento do projeto, sendo também efetuada uma síntese de todo o trabalho desenvolvido. Para além disso, são também apresentadas sugestões para melhorar o projeto futuramente.

Capítulo 2 - Estado da Arte

2.1 Sistemas de Localização

A localização é e sempre foi um tema de extrema importância. Começaram por ser criados instrumentos e tecnologias que tornassem este processo de localização possível e fiável, tais como o astrolábio e a bússola. Mais tarde, com os avanços tecnológicos, surgiram novas tecnologias, uma das quais atualmente bastante utilizada, o GPS [2].

Após terem sido alcançados resultados positivos ao nível da localização *outdoor*, a investigação começou a ser focada na localização *indoor*. Neste campo muitas tecnologias já existentes foram utilizadas no sentido de efetuar a localização em ambientes fechados, desde a tecnologia RFID, a redes sem fio como Wi-Fi e Bluetooth [2].

2.1.1 Caracterização dos sistemas de localização

Uma das principais características dos sistemas de localização é o seu funcionamento em espaços abertos ou fechados. Note que, embora os sistemas de localização em ambientes *indoor* possam ser usados em ambientes *outdoor*, os resultados obtidos não são favoráveis [2].

A forma como se medem as distâncias (relativamente a posições previamente conhecidas ou posições exatas) é outra característica deveras importante dos sistemas de localização.

Estes sistemas podem ser também caracterizados quanto à segurança, assim como podem ser classificados como sistemas fortemente ou fracamente ligados. Os sistemas fortemente ligados são caracterizados pelo facto de ser impossível a remoção de um componente e a continuação do normal funcionamento do sistema. Estes, regra geral, apresentam uma arquitetura centralizada, contrariamente aos sistemas fracamente ligados que possuem uma arquitetura descentralizada [2].

A tecnologia requerida para o desenvolvimento destes sistemas é também uma característica dos mesmos. Os sistemas de localização *outdoor*, tipicamente recorrem a tecnologias como o GPS e GSM (*Global System for Mobile Communications*). Por sua vez, os sistemas de localização *indoor* fazem uso de tecnologias como as radiofrequências, as frequências de ultrassom, redes Wi-Fi, *smartphones*, entre outras [2].

2.1.2 Classificação do desempenho de um sistema de localização

A classificação do desempenho de um sistema de localização é efetuada tendo em consideração seis parâmetros. A capacidade de localização do indivíduo por parte do sistema é definida por dois parâmetros, nomeadamente o erro de localização (*accuracy*) que deve ser o mais reduzido possível, e a precisão, que indica o quão constantes são esses valores. Os restantes parâmetros remetem para a complexidade do sistema que pode estar relacionado com o *software*, *hardware* ou uma correlação entre ambos; a robustez do sistema que consiste na capacidade do sistema funcionar mesmo que alguns sinais não estejam disponíveis; a sua escalabilidade que remete para a capacidade de expansão do mesmo; e o custo, para o qual se deve ter em consideração aspetos como a instalação e manutenção de equipamento, o tamanho do sistema, o uso ou não de fios, entre outros fatores [2].

2.1.3 Sistemas de Localização *Indoor* Vs Sistemas de Localização *Outdoor*

As tecnologias utilizadas nos sistemas de localização *indoor* são diferentes das usadas nos *outdoor*, assim como a precisão na identificação da posição. Dado que, em ambientes externos a zona a localizar é extensa, um erro de dois a três metros não é significativo. Contudo, em ambientes internos, o mesmo erro é considerável, uma vez que um erro de precisão da posição de dois metros nos pode colocar noutra sala ou noutra piso do edifício, tornando-se, portanto, num erro inconcebível [2].

Os ambientes *indoor* são tipicamente caracterizados pelo grande número de obstáculos que apresentam. Estes fazem com que sinais, como o GPS, sofram interferência e a sua intensidade diminua, influenciando na capacidade de receção do sinal e, conseqüentemente, na identificação da posição. Neste sentido, este sistema torna-se menos fiável na medida em que o erro de precisão da posição aumenta. Assim sendo, poder-se-á considerar que na localização em ambientes internos a necessidade de identificação precisa da posição é ainda mais crítica [2].

2.2 Sistemas de Navegação

A navegação em ambientes *indoor* desconhecidos é uma atividade habitual, complexa e desafiadora. Este processo requer não só a identificação da localização do corpo, como também a sua orientação durante a sua deslocação no interior do edifício. Os sistemas de navegação proporcionam uma melhor orientação e deslocação no espaço. Deste modo, o processo de navegação torna-se mais rápido e eficiente [6].

Existem essencialmente três fatores que influenciam o processo de navegação em ambientes *indoor* ^[6]:

- Estrutura espacial do edifício;
- Mapas cognitivos construídos pelos utilizadores durante o processo de navegação;
- Estratégias e habilidades espaciais dos utilizadores.

Os sistemas de navegação em ambientes *indoor* podem ser diversos, nomeadamente baseados em mapas ou em realidade aumentada. Neste último caso, o sistema determina qual o caminho mais curto a percorrer até alcançar o destino desejado, usando elementos de realidade aumentada e recorrendo a setas que orientam as direções a serem seguidas. Note que, existem também sistemas de navegação por voz que, através de comandos de voz, oferecem instruções que indicam o caminho a efetuar.

Quer em ambiente *indoor* como *outdoor*, os sistemas de navegação fazem uso de mapas para planear ou iniciar o percurso, ou durante a realização do mesmo. Nesta última situação a atenção por parte dos utilizadores deve estar dividida entre a deslocação, o relacionamento com o ambiente ao seu redor, o reconhecimento e assimilação das instruções recebidas e o acompanhamento do trajeto. Neste sentido, os mapas devem exibir todas as informações necessárias de forma explícita de modo a que o utilizador possa acompanhar o trajeto apresentado e, o formato em que estes são apresentados, devem ser adequados ao processo de manipulação dos mesmos ^[7].

Os sistemas de navegação em ambientes *indoor* contêm restrições no que concerne à representação do espaço, à precisão na identificação da posição e na sua fiabilidade. A utilização de sistemas de navegação *indoor* que recorrem a *smartphones*, embora deveras necessária, tem vindo a ser bastante vagarosa. Tal está relacionado com os elevados custos de implementação e manutenção das soluções, assim como a insuficiência de mapas internos atualizados e com o devido detalhe ^{[8] [9]}.

Normalmente, estes sistemas fazem uso de informação relativa ao posicionamento do utilizador como critério para o fornecimento de informação e serviços a estes. Contudo, existem sistemas que não empregam esta tecnologia para a identificação da localização do utilizador de forma contínua. Estes sistemas que são incapazes de se ajustarem ao contexto de forma automática designam-se de não adaptativos ^[10].

A título de exemplo temos o sistema desenvolvido por Antunes e Delazari (2019) que permite identificar a posição do utilizador momentaneamente através da leitura de um QR Code dispostos em pontos de referência específicos no ambiente *indoor* ^[11].

Contudo, também existem sistemas adaptativos que são capazes de identificar e de se adaptar ao ambiente que, normalmente, é bastante mutável ^[12].

Como exemplo temos o sistema desenvolvido por Ozdenizci, Coskun e Ok em 2015 que consiste num sistema que identifica a posição de forma passiva recorrendo a *tags Near Field Communication* (NFC) que promovem a permuta de informação entre dispositivos compatíveis sem fio que se encontrem próximos. Resumidamente, recorrendo às tags NFC o dispositivo armazena informação relativa à posição

imediate do utilizador. Este é um sistema ideal na medida em que se adapta ao deslocamento do utilizador pelo ambiente *indoor* facultando informação para uma melhor e facilitada navegação ^[13].

Apesar disso, as principais vantagens do primeiro exemplo relativamente ao segundo remete para o facto do primeiro ser um sistema de baixo custo, de fácil implementação, e cuja precisão não é afetada pelo ambiente.

Neste projeto desenvolve-se um sistema de localização e navegação *indoor* não adaptativo baseado em mapas no sentido de facilitar o processo de navegação em hospitais por parte do utilizador.

2.3 Recursos Tecnológicos e Cognitivos

Têm vindo a ser desenvolvidas aplicações cada vez mais complexas, tal como é o caso dos sistemas de navegação, graças à rápida evolução dos dispositivos móveis e das redes sem fio de altas velocidades. Contudo, tem de se ter em consideração que os *smartphones* apresentam algumas limitações comparativamente a *desktops* tradicionais, essencialmente no que concerne ao poder de processamento, ao reduzido tamanho do ecrã, à capacidade gráfica e a dissemelhanças na interação ^[14].

É fundamental ter em consideração estas restrições aquando do desenvolvimento de um sistema de navegação *mobile*, caso contrário os sistemas podem tornar-se de difícil uso e interação. Assim sendo, o uso destes sistemas complexos deve ser feito com cautela, dado que o aumento da complexidade poderá fazer com que utilizadores menos experientes se sintam frustrados e não adotem o sistema ^[14].

Os sistemas *mobile* devem exibir uma apresentação eficiente e, para tal, estes devem ser adequados aos recursos de que dispomos, a condições atuais e à qualidade das informações relativas à posição que se encontram disponíveis. Neste sentido, podem-se identificar dois recursos essenciais, nomeadamente, os cognitivos e os tecnológicos.

Os recursos cognitivos remetem para o utilizador do sistema e influenciam a forma como as informações necessitam ser demonstradas, dado que as ações irão influenciar a memória e, a atenção despendida pelo utilizador aquando do uso do sistema pode ser altamente restringida ^[7].

Por sua vez, os recursos tecnológicos remetem para o dispositivo *mobile* e compreendem aspetos relativos à velocidade de transmissão dos dados, ao tamanho e à resolução do ecrã e à largura de banda. Os aspetos supramencionados são de extrema importância, dado que são determinantes na velocidade a que as informações espaciais são geradas, podendo também afetar o processo de transmissão de dados e a apresentação dos mesmos.

Neste sentido, e de modo a colmatar estas dificuldades, deve-se adaptar a visão ao ambiente do utilizador. Deste modo, melhorar-se-á o uso das tarefas de visualização de informação e poder-se-á diminuir a carga cognitiva associada ^[14].

Em suma, aquando do desenvolvimento de um sistema complexo e robusto é necessário ter em consideração os recursos cognitivos e tecnológicos, assim como a disponibilidade de informação relevante para o utilizador (posicionamento e informações espaciais).

2.4 Posicionamento

O processo de descoberta de áreas que não sejam conhecidas pelo utilizador é facilitado quando este tem acesso a informações relativas à sua posição geográfica ^[14].

Estas informações podem remeter não só para a identificação da localização do utilizador no espaço recorrendo a coordenadas, mas também para a identificação da posição recorrendo a sistemas referenciais espaciais relativos ou recorrendo a identificadores simbólicos ^[15].

Existem essencialmente quatro tipos diferentes de informação posicional ^[16].

Primeiramente existem as informações precisas que consistem em informações fornecidas cuja precisão é suficiente para que a tarefa seja facilmente desempenhada pelo utilizador sem que seja necessário realizar trabalho complementar. As informações imprecisas, por sua vez, consistem em informações que não são suficientes para cumprir a tarefa, dado que apenas estão disponíveis em altos níveis de qualidade. Contudo, poder-se-á aumentar a precisão dos dados através do processo *dead reckoning*. Este processo permite calcular a posição de um corpo que se encontra em movimento recorrendo a uma posição previamente conhecida. Deste modo, é possível avaliar o trajeto atual recorrendo a informações previamente conhecidas de velocidade e posição. Por vezes pode não existir nenhuma informação posicional ao dispor, quer seja pelo mau funcionamento quer pela ausência de tecnologia e, neste caso, não é possível obter informação relativamente ao posicionamento. Pode também existir informação falsa e, neste caso, a tarefa pode falhar se não for detetado que a informação obtida é falsa. Contudo, se se identificar essa falha, teremos uma situação semelhante à da ausência de informação.

Resumidamente, na presença de informação posicional é fundamental averiguar a qualidade da mesma e na sua ausência terão de ser investigadas novas maneiras de atenuar os problemas proporcionados pela falta da mesma.

Note que é fundamental ter em consideração o modo de funcionamento do sistema quando a posição do utilizador não é continuamente facultada em sistemas não adaptativos. A título de exemplo temos o trabalho desenvolvido por Antunes e Delazari em 2019. O sistema por eles desenvolvido consiste num sistema de posicionamento passivo recorrendo a QR Codes, tal como apresentado na Figura 1. A informação relativa à posição do utilizador é dada momentaneamente através da leitura de QR Codes dispostos em locais de referência pelo ambiente. Contudo, à medida que o utilizador percorre o trajeto no sentido de alcançar o destino final, o sistema não é capaz de alterar e atualizar a informação relativa à sua

posição. Assim sendo, o utilizador tem de ser capaz de estabelecer uma relação entre o mapa e o ambiente em seu redor enquanto se desloca pelo edifício no sentido de alcançar o destino pretendido [11].



Figura 1: Sistema de navegação com posicionamento passivo [11]

Poder-se-á, portanto, concluir que a capacidade de navegação em ambientes *indoor* pelos utilizadores é afetada pela informação posicional disponível, sendo que esta inclui não só a localização absoluta e/ou relativa, como também a orientação e direção do utilizador. Regra geral, os sistemas necessitam de conhecer estes fatores para que os serviços sejam adaptados ao posicionamento atual do utilizador [16] [17].

Atualmente, recorre-se essencialmente aos dispositivos *mobile* para auxiliarem no processo de navegação, dado ao facto de possibilitarem um posicionamento automático e contínuo. Contudo, o custo associado à instalação de ferramentas/equipamentos de posicionamento poderá ser um entrave quando estes sistemas são implementados em ambientes *indoor* [18].

Existem algumas metodologias para determinar o posicionamento, entre as quais a visão computacional, *pedestrian dead reckoning* (PDR) (estimativa de navegação do peão) ou tecnologias de comunicação.

Os sistemas que têm como base a visão computacional fazem uso de câmaras (omnidirecionais, 3D ou embutidas de *smartphones*) recolhendo informação proveniente do ambiente *indoor*.

A PDR estima o posicionamento do utilizador em função de posições antecedentes recorrendo a dados provenientes de sensores como o acelerómetro, giroscópio, magnetómetro, entre outros.

Existem diversas tecnologias de comunicação, entre as quais [18]:

- *Radio frequency identification* (RFID): leitor e etiquetas (ativas ou passivas) incorporadas em corpos que permitem identificá-lo por rádio frequência.
- Wi-Fi : sistema que recorre à intensidade do sinal obtido (impressão digital *Really Simple Syndication* (RSS)), a métodos de triangulação/trilateração e a pontos de Wi-Fi presentes no edifício.
- *Visible Light Communication* (VLC): sistemas que recorrem à luz emitida por lâmpadas LED (*Light Emitting Diode*) ou fluorescentes e detetam a mesma por meio de câmaras existentes nos *smartphones* ou fotodetetores independentes.

- *Bluetooth*: recorrem a dispositivos *Bluetooth Low Energy* (BLE) que servem como fonte de sinal de radiofrequência e, através de impressões digitais ou do *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) é possível localizar o utilizador.
- *Ultra Wide Band* (UWB): estimativa da posição recorrendo ao RSS, *angle of arrival* (AOA), *time of arrival* (TOA) e ao *time difference of arrival* (TDOA).

Existem diferentes sistemas de posicionamento que podem ser classificados quanto às características da sua estrutura. Em função do modo de aquisição de informação posicional, os sistemas podem ser classificados como ativos ou passivos. Sensores, Infravermelho, Bluetooth, RFID ativo e Ultrassom são exemplos de sistemas de posicionamento ativo. Por sua vez, QR Codes, RFID passivo e NFC são exemplos de sistemas de posicionamento passivo [13].

Estes sistemas de posicionamento variam quanto à precisão, custo de implementação, consumo de energia, entre outros fatores fazendo com que apresentem diferentes vantagens e desvantagens.

2.5 Representação

Recorre-se a mapas, representações 3D, realidade aumentada ou desenhos arquitetónicos para representar e visualizar ambientes *indoor*. Não é consensual qual destas representações é a melhor, dado que cada uma apresenta as suas vantagens e desvantagens [19].

Embora o estudo do mapeamento *indoor* esteja mais focado nos sistemas de posicionamento do que nas representações do ambiente, este último é um factor de elevada importância, dada a sua influência no auxílio à orientação e navegação do utilizador [20].

Aquando da projeção de mapas *indoor* deve-se ter em consideração informações relevantes como pontos de referência e notas.

Os mapas *indoor* diferem dos *outdoor* essencialmente ao nível da estrutura e disposição do espaço, dado que em ambientes *indoor* podem existir diferentes andares e, nesse caso, não pode existir apenas um único plano bidimensional.

Em ambientes *indoor*, graças aos obstáculos existentes (portas e paredes) o processo de navegação e interpretação da disposição interna é dificultado o que requer uma maior sinalização e informação [21].

A criação de mapas requer que seja generalizado o ambiente físico através da representação de elementos e características existentes no mesmo [22].

Contudo, o processo de segmentação e representação do espaço num ecrã reduzido como o dos dispositivos *mobile* influencia de um modo negativo o processo de navegação por parte do utilizador, dado que a sua orientação e compreensão fica limitada [21].

A eficiência dos sistemas de navegação *indoor* também é determinada pela forma como o processo de criação dos mapas tem ou não em consideração a orientação e visão generalizada por parte do utilizador [20].

Algumas das condições para a construção destes mapas são a clareza, a rapidez, a conveniência e a compreensão [21].

Existem dois elementos que influenciam substancialmente a capacidade de navegação em ambientes *indoor*. O primeiro são os objetos, nomeadamente, obstáculos que impossibilitem ou dificultem o processo de navegação no interior destas instalações. O segundo é a informação disponível relativa às instalações, desde informações gerais, a plantas básicas, *wayfinding*, informações relativas a elementos auditivos, táteis e/ou visuais, entre outras. Estas informações são de extrema importância quando se tratam de sistemas de navegação *indoor*, pois ajudam os utilizadores a navegar pelos edifícios. Assim sendo, as informações essenciais devem ser tidas em consideração aquando do processo de representação do ambiente, de modo que sejam ultrapassadas eventuais adversidades e desafios [9].

Uma das principais dificuldades sentidas pelo utilizador de um sistema de navegação *indoor* consiste na descodificação das informações geográficas e na capacidade de estabelecer uma correlação com o ambiente real, pelo que este deve ser um fator a ter em consideração aquando da construção dos mapas. Para além do mais, a representação gráfica do trajeto a percorrer pelo utilizador e a inclusão de informação importante (como local de início e fim do trajeto) auxiliam o utilizador neste processo de navegação. Na eventualidade de não estar disponível informação relativa à orientação do utilizador, é fulcral introduzir informação correspondente a locais de referência [17].

Quando a navegação ocorre num edifício com mais do que um andar, a atenção por parte dos utilizadores tem de ser redobrada. Para além do mais, a representação gráfica em edifícios com vários andares é complexa dada a experiência cartográfica atípica. A complexidade aumenta quando as estruturas compreendem mais do que um piso, como, por exemplo, as escadas [23].

No sentido de reduzir as adversidades enfrentadas pelos utilizadores relacionadas com a orientação espacial dos mesmos e a utilização de simbologia inadequada ao ambiente em questão, foram efetuados estudos para identificar qual a melhor representação de ambientes *indoor* e avaliar qual a melhor simbologia gráfica a ser utilizada para reproduzir elementos que compõem esse ambiente [22].

A simbologia escolhida aquando da representação de ambientes *indoor* é determinante no processo de orientação e navegação espacial, dada a sua relação direta com as atividades existentes nesse ambiente. Já foram desenvolvidos estudos que demonstraram que a adoção de simbologias diferentes gera níveis visuais distintos realçando determinados elementos que o utilizador considera como sendo pontos de referência [24].

Um ponto de referência consiste num objeto fixo ou numa área no mapa que tem um papel preponderante para o utilizador, dado que facilita o processo de descoberta de trajetos e de perceção do ambiente em redor. Para além do mais, estes pontos permitem efetuar uma identificação da posição ou

funcionam como guia, facilitando o processo de construção das representações gráficas e o processo de decisão na escolha dos trajetos.

O trajeto, por sua vez, consiste na representação topológica do mapa do ambiente *indoor*, possibilitando uma diminuição da carga cognitiva por parte dos utilizadores, ajudando-os a compreender melhor o mapa e proporcionando uma navegação mais eficiente.

Tanto o trajeto como os pontos de referência são informações que podem e devem ser tidas em consideração nos mapas dado o elevado impacto que estas apresentam nos processos de tomada de decisões acertadas e na escolha do trajeto a percorrer no ambiente *indoor*. Contudo, deve-se ter sempre em atenção o modo como esta informação é utilizada para que não seja usada de forma excessiva [25].

Tem de existir um equilíbrio na organização visual dos símbolos de acordo com a localização, forma e quantidade na representação gráfica, dado que o uso de um símbolo mais perceptível que outros objetos retratados pode interferir no trajeto que o utilizador percorre [22].

Existe uma interligação entre os pontos de referência e o trajeto a efetuar, dado que a apresentação deste último sem esses pontos iria dificultar o processo de descoberta do caminho a seguir por parte do utilizador. Assim sendo, aquando do desenvolvimento da representação é fundamental identificar que informações são relevantes para que o utilizador consiga ligar o mapa à realidade [26].

A representação do trajeto deve ser analisada e deve-se recorrer, por exemplo, à atribuição de cores e/ou formas distintas a diferentes andares e/ou ambientes (*indoor* e *outdoor*) e fazer uso de legendas proporcionando uma melhor compreensão da simbologia e relação entre ambiente e mapa [19] [27].

Quando os sistemas de navegação são apresentados em dispositivos *mobile* é recomendado o uso de *pop-ups*. Os *pop-ups* são janelas que abrem de modo automático em função da ação do utilizador e que é posteriormente fechada para que não dificulte a observação do mapa. Nesta janela estão presentes informações relativas a explicações sobre o trajeto, mudanças de direções e/ou andares, descrições e/ou fotos, entre outras informações [27].

Resumindo, o processo de tomada de decisões por parte do utilizador depende dos pontos de referência, dado que estes fazem com que seja estabelecida uma correlação entre o mapa e o ambiente proporcionando a orientação do utilizador. A apresentação do traçado do trajeto a percorrer é vantajoso na medida em que faz com que o utilizador o siga e possa confirmar, ao longo do percurso, se encontrou ou não os pontos de referência apresentados no trajeto. A apresentação e representação de informação relativa ao ambiente *indoor* é de extrema importância dada a complexidade e configuração destes ambientes. Estas informações contribuem para a orientação e navegação do utilizador, essencialmente quando é utilizada simbologia apropriada.

2.6 Descrição do Trajeto

A representação do trajeto a efetuar pelo utilizador é de extrema importância dado que permite que este saiba qual o melhor caminho a percorrer para alcançar o destino final ^[9].

Para além do mais, é também possível fazer uma descrição do trajeto através de orientação, descrições e elementos existentes no ambiente que auxiliem no processo de navegação. Estas instruções promovem a diminuição da dependência por parte do utilizador relativamente ao sistema de navegação, dado que estas facilitam o processo de tomada de decisão sem uso de suporte em ambientes mais complexos ^[28].

Estas informações podem ser apresentadas sob a forma de instruções textuais nos mapas. Estas podem ser relativas e absolutas e podem descrever relações verticais no sentido de compensar a representação restringida das estruturas verticais nos mapas a duas dimensões (2D) ^{[10] [26]}.

A descrição deve ser efetuada tal como se a mesma fosse feita por uma pessoa que é questionada sobre um dado trajeto. Na navegação *indoor* esta descrição deve ter em consideração pontos de referência que auxiliem o utilizador a alcançar o destino. Uma descrição adequada do trajeto influencia significativamente não só a utilidade da aplicação, como também o conforto no uso da mesma por parte do utilizador ^[23].

Uma das principais dificuldades a serem ultrapassadas na ausência de informação relativa à posição do utilizador é a atualização da descrição do trajeto. O trajeto deve ser apresentado integralmente ou subdividido e a atualização do mesmo depende da interação utilizador - sistema. Neste sentido, deve-se ter um especial cuidado no planeamento desta fase, de modo que a descrição limite a interação entre o utilizador e o sistema. As orientações para a navegação devem relacionar-se com pontos de fácil identificação, desde locais conhecidos a equipamentos, escadas, elevadores, entre outros ^[23].

O trajeto deve ser apresentado em função do contexto, caso contrário a descoberta do caminho no ambiente *indoor* é dificultada.

Quando se comparam mapas de navegação pedestres com outros mapas, como os de automobilistas, verifica-se que a quantidade de informação nos primeiros é significativamente superior dada a maior habilidade de perceção por parte dos utilizadores graças à baixa velocidade de locomoção, para além de que os utilizadores pedestres necessitam ser informados quer sobre a posição atual, quer sobre o ambiente em redor ^[21].

Foram efetuados estudos que comprovam que a atenção por parte do utilizador relativamente aos pontos de referência tende a diminuir à medida que a distância dos pontos relativamente ao trajeto aumenta. Embora o utilizador necessite de uma quantidade mínima de informações para que possa correlacionar o mapa e o ambiente real, o excesso das mesmas pode perturbar o processo de compreensão por parte do utilizador. Deste modo, devem ser selecionados os elementos e informações que são verdadeiramente relevantes ^{[26] [29]}.

Existem diversas formas de descrever os trajetos, uma das quais os comandos de voz. Contudo, é necessário garantir que a voz é coerente com a mensagem gráfica demonstrada. Em ambientes *indoor* as direções de rotação não devem fazer referência à posição do corpo, a não ser que seja claro ^[23].

Note que, na ausência de informação relativa à posição do utilizador, os comandos de voz dependem da interação do mesmo com o sistema sempre que este chega a um local específico e solicita outro comando.

Resumindo, as descrições dos trajetos facilitam o processo de navegação desde que efetuadas adequadamente, garantindo que o utilizador estabelece uma relação entre os elementos existentes nas descrições com o mapa e o ambiente em que navega. Para tal, é fundamental que as técnicas de cartografia sejam devidamente aplicadas, que o mapa não tenha demasiadas informações e que a simbologia seja acessível.

2.7 QR Code

O *Quick Response Code* (QR Code) consiste num código de duas dimensões composto por módulos de cor preta posicionados sobre um fundo branco. Classificado como sendo uma versão do Código de Barras, este difere essencialmente na representação gráfica e no facto de o Código de Barras ser um código de uma só dimensão ^[30].

O QR Code é um código cuja leitura é rápida e, regra geral, pode ser efetuada em qualquer ângulo. Para além de apresentar uma grande capacidade de armazenamento de dados, esta tecnologia permite codificar uma maior quantidade de informação e num décimo do tempo quando comparada com o Código de Barras ^[30].

Os QR Codes armazenam quatro tipos de conteúdo ^[30]:

- Numérico: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 14
- Alfanumérico: 0-9 e A-Z (somente caracteres maiúsculos), espaço, \$, %, *, +, -, ., /, :
- Binários: padrão ISO 8859-1 19 (o módulo escuro corresponde ao binário 1 enquanto o branco corresponde a 0)
- Kanji/kan: padrão Shift JIS X 020820

Os pixels consistem em quadrados coloridos ou não que, quando em conjunto formam uma imagem. Quanto maior ou menor a quantidade de pixels, maior ou menor será a resolução, respetivamente. Note que a capacidade de armazenamento é determinada pelos módulos que dizem respeito às versões ^[30].

2.7.1 Processo de Leitura de QR Codes

O processo de leitura de QR Codes é composto essencialmente por duas fases, nomeadamente a fase de construção e a de leitura ^[30].

A fase de construção é caracterizada pela definição do tamanho do QR Code e da versão do código, sendo esta última definida tendo em consideração a função do produto ^[30].

No âmbito da tecnologia QR Code, os pixels são designados módulos. Nestes módulos está representado todo o conteúdo existente no código e cada região específica determina uma função ^[30].

Nos cantos do QR Code existem três quadrados maiores que funcionam como uma ferramenta de orientação dado que auxiliam no processo de identificação do QR Code independentemente da posição do mesmo ^[30].

Para auxiliar o processo de alinhamento, leitura e processamento do QR Code existe um outro quadrado de menores dimensões que os referidos anteriormente, mas maior que os restantes ^[30].

O limite entre os dois quadrados maiores, nomeadamente o superior direito e o inferior esquerdo, determina a versão do QR Code que foi utilizada, assim como a referência do conteúdo armazenado ^[30].

Quando se ligam estes três quadrados desenha-se uma linha, a *timing patterns*. Esta linha informa o sistema relativamente à posição das colunas e das linhas no código ^[30].

Para além disso, é possível observar um aumento da composição gráfica em termos de tamanho, quantidade e configuração dos módulos à medida que a complexidade da versão aumenta ^[30].

Um *byte* diz respeito à quantidade de armazenamento. Por sua vez, um conjunto de oito *bytes* cria um módulo. Assim sendo, quanto maior o número de módulos, maior o número de bytes e, conseqüentemente, maior a quantidade de informação armazenada e a ser impressa no QR Code ^[30].

O processo de leitura dos QR Codes encontra-se representado na Figura 2.

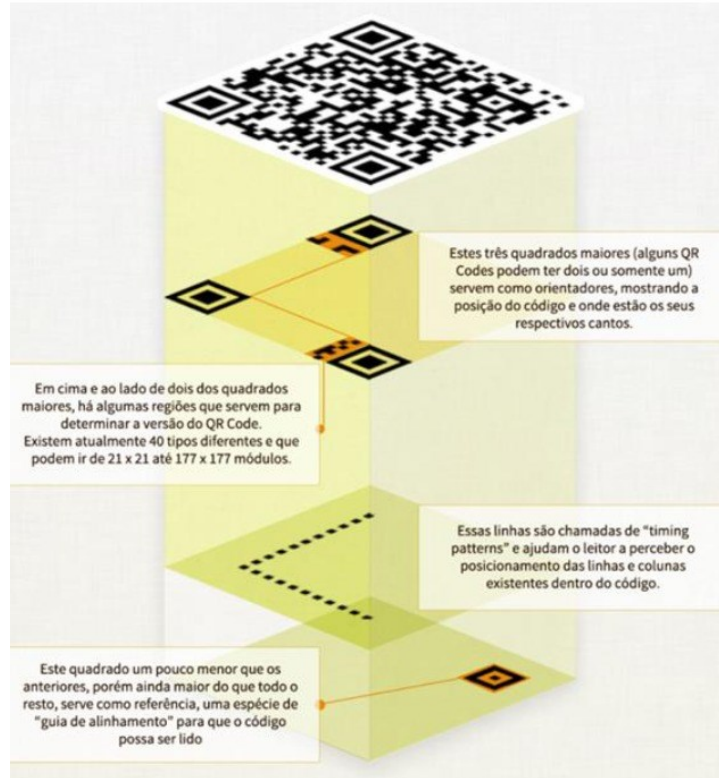


Figura 2: Composição e estrutura dos QR Codes ^[30]

2.7.2 Meios de descodificação

Impressos nos mais variados objetos, os QR Codes podem ser lidos recorrendo a *scanners* ou com o recurso à câmara e *software* existente em dispositivos móveis (por exemplo, telemóveis ou *tablets*). Existem essencialmente três tipos de *scanners* de QR Codes ^[30]:

- Handy Scanner: computadores ligados por sinais de rádio ou cabo leem e processam os QR Codes. Este modelo apresenta uma resolução e capacidade relativos, na medida em que é usado em determinados ambientes.
- Handy Terminal: os QR Codes são lidos e processados, procedendo-se também ao armazenamento dos dados. Este pode ser instalado em qualquer sistema operativo dado ao facto de ser utilizado em diversas situações.
- Scanner Fixo: processa os dados recolhidos quando conectado a um computador. É um método muito utilizado para a leitura de QR Codes de cupões e/ou bilhetes.

A leitura dos QR Codes é tipicamente efetuada recorrendo a telemóveis, *smartphones* e *tablets*. Para tal, recorre-se à câmara fotográfica destes dispositivos e a um leitor de *mobile tagging* apropriado ao sistema operativo para efetuar a leitura dos QR Codes ^[30]. Para isso existem diversas APPs nos mercados oficiais, como a App Store e a Google Play. Após a *download* dessa APP, procede-se à leitura do código e, para tal, abre-se a APP e aponta-se a câmara do dispositivo para o QR Code. Seguidamente ocorre o processamento do mesmo e a descodificação dos dados. Estes dados aparecem no ecrã do dispositivo para que o utilizador os consiga ler. No caso de estes encaminharem para um endereço *web* é fulcral o acesso e ligação à internet ^[30].

2.8 Dispositivos móveis

Atualmente, o conceito de *smartphones* (telemóveis com sistema operativo incorporado que proporciona o uso de diversas funcionalidades) e *tablets* (similar a um computador portátil de dimensões reduzidas, cujo ecrã, regra geral, é *touch* e não possui incorporado um teclado) é familiar para a maioria da população a nível mundial. Estes dispositivos têm incorporado um sistema operativo que exige que os mesmos apresentem características mínimas de *hardware* possibilitando que vários programas como o Google Play, corram ^{[2] [31]}.

Os sistemas operativos, que consistem em *softwares* ou conjuntos de *softwares* que gerem e administram recursos existentes nos dispositivos, desde componentes do *hardware* e sistemas de arquivos a programas de terceiros, possibilitando a criação de uma interface entre o computador e o utilizador, podem ser diversos. Os mais usados nos *smartphones* são ^{[2] [31]}:

- Google: Android
- Apple: iOS

Aquando da localização de corpos em ambientes *indoor*, os dispositivos móveis são uma ferramenta de extrema utilidade dado o elevado número e variedade de características que estes apresentam e que possibilitam, de muitas formas, a localização de corpos em ambientes internos ^{[2] [31]}.

Algumas dessas características remetem para a possibilidade de comunicação telefónica, dado ao facto de todos os telemóveis receberem um sinal telefónico ou GSM. Adicionalmente, regra geral, estes dispositivos apresentam incorporado um sistema de *Bluetooth*, tendo esta especificação como finalidade promover a ligação e a troca de informação recorrendo a redes pessoais sem fios e utilizando dispositivos capazes de suportar esta tecnologia ^{[2] [31]}.

Dada a elevada capacidade e as características dos *smartphones*, os telemóveis têm vindo a tornar-se cada vez menos relevantes. Os *smartphones* e *tablets* integram um sistema operativo que

possibilita a integração de vários componentes que compõem o dispositivo, desde a câmara, a sensores como o acelerómetro e o magnetómetro, ao acesso a redes Wi-Fi [2] [31].

Neste sentido, torna-se possível o desenvolvimento de aplicações com um elevado potencial e que garantem que o utilizador tire o maior partido possível das mesmas. A título de exemplo temos estudos e experiências que revelam que é possível efetuar a localização *indoor* de um indivíduo recorrendo a *smartphones* graças à integração de sensores e redes Wi-Fi e GSM [2] [31].

Capítulo 3 - Desenvolvimento

3.1 Análise do Problema - Intenso Fluxo Hospitalar

Os hospitais são estabelecimentos destinados ao atendimento de doentes oferecendo um diagnóstico e tratamento médico e/ou cirúrgico. Estas instituições, que também funcionam como centro de investigação e/ou de ensino, possuem bastantes serviços, desde o serviço de ambulatório, ao psiquiátrico, emergência e de reabilitação, garantindo que são colmatadas todas as necessidades sentidas pela comunidade [32].

O fluxo hospitalar consiste na deslocação de pessoas no interior destes estabelecimentos. Aquando da projeção da arquitetura das instalações hospitalares é fundamental ter em consideração este fator, dado que este influencia não só a operacionalidade e flexibilidade destas instalações, como também a segurança das mesmas. A escolha da morfologia, acessos a entradas e saídas, relações entre unidades funcionais, estacionamento, entre outros critérios, influenciam o fluxo dentro de um hospital [5].

Dada a elevada complexidade da arquitetura das instalações hospitalares, os avanços a nível tecnológico e dado ao facto de estas instalações serem dinâmicas, especializadas e estarem em constante mutação o fluxo no interior destes edifícios está-se a tornar cada vez mais intenso [5].

O desempenho eficiente das instalações hospitalares depende do sistema de comunicação e de interligação, mas essencialmente da sua capacidade de gestão da circulação no interior destes edifícios [33].

O funcionamento do hospital depende das relações e interligações estabelecidas entre as diferentes unidades e serviços do hospital, assim como da circulação e fluxo em cada uma destas unidades [33].

O mau funcionamento de uma instalação hospitalar acarreta problemas de orientação dos utentes, desgaste físico por parte dos funcionários dado ao facto de percorrerem distâncias maiores e desperdiçarem mais tempo na execução dessas tarefas, aumento dos custos relacionados com a sinalização, controlo da infeção hospitalar, segurança, proteção contra incêndios, vigilância, barreiras divisórias de fluxos, entre outros [33].

A análise da circulação no interior de estabelecimentos hospitalares poder-se-á efetuar tendo em consideração dois pontos de vista [33]:

- Utilizador externo - visitante e/ou paciente externo;
- Utilizador interno - funcionário e/ou paciente interno.

Considerando a complexidade dos sistemas de circulação das instalações hospitalares e tendo em conta a perspectiva por parte dos utilizadores externos, o principal fator de preocupação consiste na orientação dos mesmos no interior destes edifícios. Por sua vez, no que concerne aos utilizadores internos,

o mais importante é a avaliação dos deslocamentos exagerados, dado que tal promove sobrecargas físicas e/ou psicológicas a estes profissionais. Note que o foco deste projeto são os utilizadores externos ^[33].

A forma como os utilizadores externos alcançam o destino final e se orientam é bastante difícil em ambientes hospitalares, dado ao facto dos mesmos serem semelhantes a labirintos. Esta dificuldade é acrescida em utilizadores com dificuldade no reconhecimento de padrões e sinais, devido a doença ou estado emocional alterado. Quando somados ao facto de não estarem familiarizados com as instalações hospitalares, estes fatores promovem uma inquietação por parte do utilizador no que concerne à sua segurança ^[33].

No sentido de proporcionar uma maior sensação de segurança aos utilizadores das instalações hospitalares, têm vindo a ser utilizados meios de sinalização adequados, assim como meios de informação verbal, mapas, áreas de informação geral, entre outras metodologias ^[33].

A solução apresentada pretende ultrapassar esta dificuldade sentida essencialmente por utilizadores externos, mas também por utilizadores internos. Pretende-se desenvolver uma aplicação *mobile* que identifique o posicionamento do utilizador e o auxilie no processo de navegação no interior de instalações hospitalares. Distribuem-se, estrategicamente, QR Codes pelo edifício, para que os mesmos possam ser posteriormente lidos. Estes contêm informação que permite a identificação do utilizador naquele ponto. Pretende-se ainda que lhe seja indicado como alcançar o destino final, apresentando pontos de interesse e/ou locais por onde o utilizador passa e descrevendo o trajeto que o mesmo deve efetuar.

3.2 Planeamento do desenvolvimento da prova de conceito

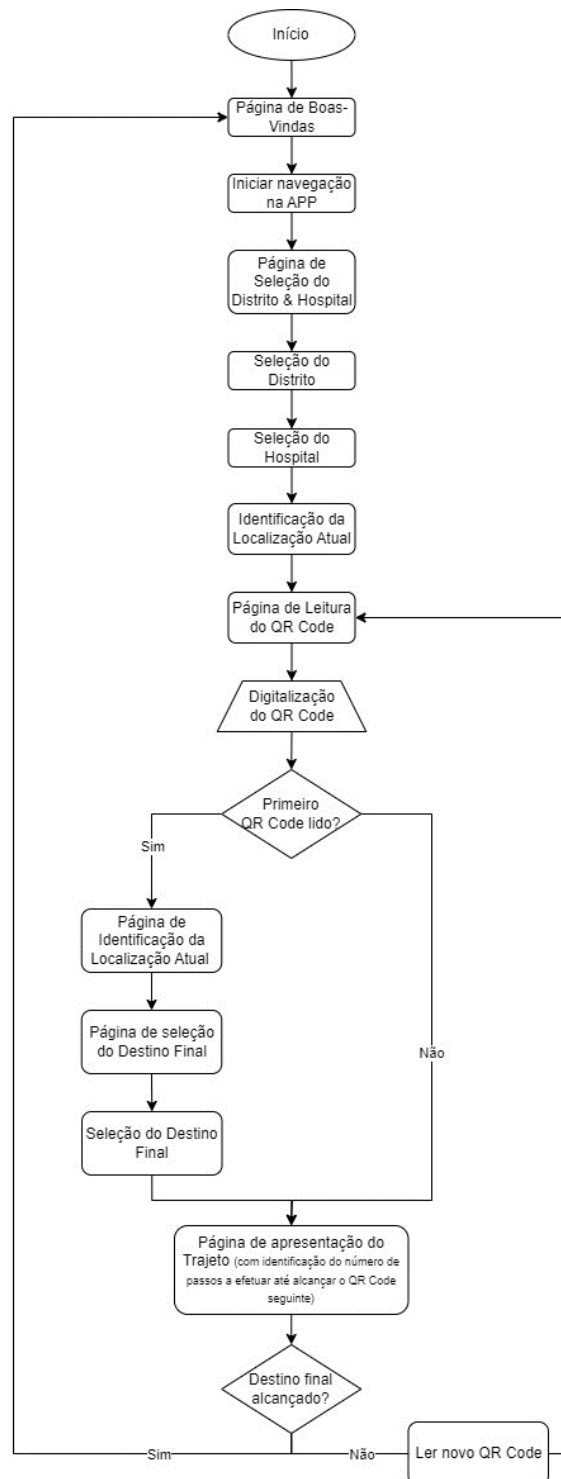


Figura 3: Diagrama de fluxo da prova de conceito

O diagrama da Figura 3 é representativo do fluxo da prova de conceito. Esta começa com a apresentação de uma página de boas-vindas onde o utilizador inicia a navegação acionando o botão “iniciar”.

Esta ação conduz o utilizador a uma outra página onde terá de seleccionar o distrito e o hospital em que se encontra. Cada uma destas opções é apresentada através de um item *dropdown*, que consiste num elemento da interface gráfica que exhibe uma lista de opções para que o utilizador escolha. Esta lista de opções é apresentada numa janela que se sobrepõe à restante página.

Após seleccionar o distrito e o hospital, o utilizador deverá acionar o botão “localização atual” que o levará para a página de leitura do QR Code. Nesta página ir-se-á aceder à câmara do dispositivo *mobile* através da qual o QR Code deverá ser lido. O utilizador deverá apontar a câmara para o QR Code que pretende ler para que tal aconteça. A informação lida é armazenada numa variável para que a mesma possa ser posteriormente utilizada.

Após a leitura do primeiro QR Code, o utilizador é direcionado para uma página de identificação da localização atual. Nesta página será apresentado o mapa com a identificação do posicionamento atual do utilizador. Deste modo, o utilizador terá uma melhor percepção do local onde se encontra e, se já se encontrar no local que pretende, poderá abandonar a APP.

Seguidamente, o utilizador deverá acionar o botão “destino final” que o levará para página de seleção do destino final. Também nesta página, o utilizador irá encontrar um item *dropdown* que exhibe uma lista de destinos dentro daquele edifício, possibilitando a escolha de um deles ao utilizador. Também nesta página está apresentada a planta, para que o utilizador possa saber exatamente para onde se pretende deslocar. O destino escolhido pelo utilizador é guardado numa variável para que esse valor possa ser usado mais tarde.

Seguidamente, o utilizador deverá acionar o botão “trajeto” e, em função dos valores armazenados nas variáveis do destino e da localização, será automaticamente apresentado ao utilizador o trajeto que este deve efetuar. Aqui poderá ver a planta com a representação do trajeto desde a localização identificada pela leitura do QR Code até ao destino final anteriormente selecionado. Também nesta página está indicado o número de passos que o utilizador deve efetuar até alcançar o próximo QR Code. Assim que o utilizador dá esse número de passos e alcança o QR Code seguinte, deverá clicar no botão “Ler novo QR Code”. O utilizador será novamente encaminhado para a página de leitura do QR Code. Neste caso, como o destino final já foi previamente definido, após a leitura do novo QR Code, o utilizador é automaticamente encaminhado para a página com a indicação do trajeto a efetuar desde a leitura do novo QR Code (atualização desta variável) até ao destino final e do número de passos a efetuar até alcançar o QR Code seguinte.

Assim que o utilizador lê o QR Code referente ao destino final selecionado é gerado um alerta e um som que indicam que o destino foi alcançado e regressa à página inicial.

3.3 Prova de Conceito

Nesta secção é descrita a prova de conceito com o intuito de efetuar a localização e navegação *indoor* do utilizador possibilitando-lhe uma deslocação facilitada até alcançar o destino pretendido facultando informação útil durante o percurso.

3.3.1 Caso de Estudo

O caso de estudo deste projeto foi o piso -1 da sede do Porto da empresa Craftable Software, com o objetivo de demonstrar, de forma simplificada, o modo de funcionamento desta prova de conceito. Note que, futuramente, pretende-se que a implementação desta prova de conceito seja efetuada em ambiente hospitalar.

A sede do Porto da empresa Craftable Software é composta por três pisos, tendo sido apenas utilizado o piso -1 deste edifício para a análise do modo de funcionamento desta prova de conceito. Este piso é composto por 7 compartimentos tendo sido atribuído a cada um deles um nome, nomeadamente entrada, receção, hall de entrada, sala de espera (portas 1 e 2), gabinete 1, gabinete 2 e gabinete 3. Os nomes foram atribuídos no sentido de aproximar a planta do piso -1 deste edifício à planta de um piso de um hospital/clínica.

De modo que seja possível efetuar a localização *indoor* dos utilizadores desta prova de conceito no interior deste edifício, foram colocados QR Codes nas entradas de todos os compartimentos que compõem este piso. Note que, no caso da sala de espera, dado que esta possui duas portas, existirá um QR Code específico para cada uma das entradas.

Os QR Codes que se encontram nas entradas dos diferentes compartimentos contêm informação textual relativa a cada um desses compartimentos e/ou entradas.

Com o intuito de promover uma deslocação mais fácil no interior deste espaço, foram medidas distâncias entre compartimentos. Embora o comprimento da passada do utilizador possa variar em função da altura, velocidade de caminhada e outros fatores individuais, em condições normais de caminhada, estudos comprovam que o comprimento médio do passo de uma pessoa adulta varia entre 0,7 e 0,8 metros. Em função da literatura referenciada e em função de testes efetuados com um utilizador desta prova de conceito verificou-se que este apresentava uma passada de aproximadamente 0,75 metros (o que é também mencionado na literatura) tendo sido este o valor utilizado para efetuar os cálculos necessários ^[34].

3.3.2 Análise dos Resultados

A prova de conceito desenvolvida trata-se de uma aplicação *mobile* para a localização e navegação *indoor*. Recorre-se à colocação estratégica de QR Codes pelo edifício anteriormente mencionado no caso de estudo. Segue-se a leitura dos mesmos para a identificação do posicionamento atual do utilizador. O destino final é posteriormente escolhido pelo utilizador e, em função da posição inicial, obtida pela leitura do primeiro QR Code, e do destino final escolhido, é apresentado um mapa com a representação do trajeto que o mesmo deve efetuar. Ao longo desse trajeto, o utilizador deve ir lendo sucessivamente os QR Codes que se encontram identificados no mapa e que vão surgindo ao longo do seu percurso. Deste modo, tornar-se-á possível monitorizar a sua localização ao longo do tempo. Para facilitar o processo de identificação dos QR Codes, o utilizador será informado do número de passos que deve dar até alcançar o QR Code seguinte.

Neste sentido, e em função do que foi anteriormente descrito, foi atribuído a esta prova de conceito um nome (QRmap) e logótipo elucidativos que se encontram representados na Figura 4.



Figura 4: Logótipo da prova de conceito

Esta prova de conceito foi desenvolvida numa ferramenta de desenvolvimento de código aberto e gratuita, o Visual Studio Code (VSCode). Este editor de código-fonte desenvolvido pela Microsoft está disponível para Windows, Linux e macOS. Para além de configurável, esta ferramenta disponibiliza diversos *plugins* (módulos de *software* que adicionam determinadas funcionalidades à aplicação, ampliando as suas capacidades) e extensões que personalizam e adicionam funcionalidades ao programa. O VSCode é altamente utilizado para o desenvolvimento de *software* em várias linguagens de programação, nomeadamente JavaScript, Python, Java, C#, entre outras [35].

No caso do produto desenvolvido, a linguagem de programação utilizada foi o JavaScript.

O JavaScript é uma linguagem de programação dinâmica e de alto nível essencialmente usada para a criação de interatividade nas páginas *web* [36].

Esta linguagem de programação é possível de ser executada tanto no *front-end* como no *back-end*. O *front-end* de uma aplicação ou site consiste naquilo que os utilizadores vêem e interagem regularmente. As tecnologias utilizadas têm vindo a evoluir com o aparecimento de novas *frameworks* e bibliotecas que facilitam o processo de desenvolvimento de interfaces mais complexas e interativas. O *back-end* de uma aplicação ou site não é visível para os seus utilizadores. Esta componente gere dados,

processa pedidos do utilizador e oferece uma resposta adequada. Os programadores de *back-end* são, portanto, responsáveis por criar e manter servidores e sistemas de armazenamento de dados e garantir que estes sejam gerados e armazenados em segurança. Esta componente está também encarregue da criação de APIs (*Application Programming Interface*) que proporcionam a comunicação e a partilha de dados entre diferentes aplicações [36].

Estas duas componentes, o *front-end* e o *back-end*, podem ser desenvolvidas em conjunto para garantir que a aplicação é íntegra em qualquer momento, desde o processamento dos dados até à recuperação dos mesmos [36].

O JavaScript é uma linguagem de programação suportada pela maioria dos navegadores *web* e utilizada nos mais diversos projetos, desde pequenos *scripts* a aplicações de elevada complexidade.

Para além de ser uma linguagem de programação de fácil aprendizagem e que foi inicialmente criada para o contexto Web, o JavaScript é versátil, na medida em que tanto pode ser utilizada no lado do cliente como do servidor, possibilitando a criação de aplicações na sua totalidade. Esta linguagem de programação, que é uma das mais utilizadas a nível mundial e para a qual existem inúmeros recursos *online*, permite criar interatividade e tornar as aplicações mais atraentes para o utilizador. Para além do mais, as inúmeras bibliotecas e *frameworks* JavaScript que existem e facilitam o desenvolvimento das aplicações é uma grande vantagem. Esta é uma linguagem de programação fácil de depurar e de natureza síncrona [36].

Contudo, esta linguagem de programação é vulnerável a ataques de segurança, essencialmente em aplicações que fazem uso de dados sensíveis. O facto de o JavaScript ser executado num navegador faz com que haja a necessidade por parte dos utilizadores que tenham o navegador atualizado e compatível. Quando é necessário processar grandes quantidades de dados ou cálculos complexos, o processo pode tornar-se lento. Para além disso, esta linguagem de programação não tem acesso direto ao *hardware* do dispositivo do utilizador. Tal poderá limitar a sua funcionalidade em algumas situações [36].

Para o desenvolvimento da aplicação QRmap recorreu-se ao React Native, uma *framework* (conjunto de ferramentas, bibliotecas, padrões e convenções que disponibilizam uma estrutura básica para organizar e desenvolver um *software*) de código aberto. Recorrendo a esta ferramenta é possível desenvolver aplicações de elevada qualidade fazendo uso de uma única base de código, economizando tempo e esforço comparativamente à criação de aplicações separadas para cada plataforma [37].

O React Native recorre ao mesmo modelo de programação declarativo (descrição da lógica do programa sem que seja especificada claramente a forma como a mesma deve ser executada, sendo que o programador declara o resultado final desejado e permite que o sistema alcance esse resultado) da biblioteca React. Deste modo, os programadores desenvolvem interfaces reativas e dinâmicas, recorrendo a componentes reutilizáveis e escaláveis. Estas aplicações são nativas (desenvolvidas para serem executadas num dado sistema operativo, recorrendo a ferramentas e linguagens de programação

adequadas a essa plataforma) e proporcionam um desempenho de elevada qualidade, promovendo uma comunicação direta com o *hardware* [37].

O React Native proporciona o desenvolvimento de aplicações tanto para iOS como para Android, o que é vantajoso a nível económico e no que diz respeito à aceleração do processo de lançamento do produto no mercado. Esta *framework* fornece uma biblioteca de componentes pré-construídos bastante ampla o que torna o processo de criação das aplicações mais rápido [37].

Existem muitos recursos disponíveis relativamente a esta *framework*, nomeadamente documentação detalhada, vídeos, tutoriais, entre outros [37].

Para o desenvolvimento deste produto, recorreu-se também a uma plataforma para o desenvolvimento de aplicações *mobile*, a Expo. Esta possibilita a criação das mesmas nos sistemas operativos iOS e Android recorrendo ao JavaScript como linguagem de programação e ao React Native como *framework*. Esta tecnologia disponibiliza diversos componentes e bibliotecas pré-construídas que facilitam o processo de desenvolvimento destas aplicações [38].

A Expo é uma tecnologia vantajosa, na medida em que elimina a necessidade de configuração do ambiente, ou seja, os programadores não têm de se preocupar com a configuração de ferramentas de desenvolvimento complexas e podem começar a desenvolver a aplicação no imediato [38].

Para além disso, esta tecnologia apresenta recursos integrados úteis, nomeadamente suporte para câmara, localização e armazenamento em *cache* e notificações *push*. Deste modo, os programadores podem criar aplicações recorrendo a funcionalidades dos dispositivos *mobile* evitando a escrita de código específico da plataforma [38].

A Expo disponibiliza uma forma fácil e intuitiva de publicar e atualizar a aplicação diretamente na nuvem, dado que não é necessário passar pelo processo de aprovação da Google Play ou da App Store. Este fator acelera consideravelmente o processo de lançamento da aplicação e possibilita que os programadores efetuem atualizações e alterações com maior rapidez [38].

Esta é uma tecnologia fácil de utilizar, dado que não implica ter conhecimentos avançados na área do desenvolvimento de aplicações *mobile*. Para além do mais, permite uma fácil integração com APIs de terceiros o que possibilita a adição de recursos, nomeadamente a autenticação do utilizador, pagamentos e análises à aplicação [38].

Recorrendo às três tecnologias anteriormente mencionadas, desenvolveu-se a aplicação *mobile* QRmap.

A primeira página desta aplicação *mobile* (Figura 5) é uma *homepage*. Primeiramente são importados os componentes do React Native e definidos os estilos da página. Esta página é composta por três secções principais, cada uma com um estilo de layout específico. A primeira secção contém um texto de boas-vindas, a segunda uma imagem do logótipo da aplicação e a terceira um botão que, quando pressionado, direciona o utilizador para a página de seleção do hospital.

Bem-Vindo!



INICIAR

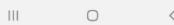


Figura 5: Homepage

Na página da seleção do hospital (Figura 6), para além de serem importados os componentes do React Native necessários para a construção da interface gráfica da aplicação, é também importado o componente SelectList da biblioteca “react-native-dropdown-select-list”. Esta biblioteca permite o desenvolvimento de *dropdowns* em React Native.

Nesta página, assim como em todas as restantes, é criado um objeto “styles” com diversas propriedades que determinam o aspeto dos elementos dessa página, nomeadamente, cor de fundo, altura, espaçamento, entre outros parâmetros.

A função “SelecaoHospital” é definida como um componente React que vai receber um objeto “navigation” como argumento. Esta função irá retornar o layout da página composto por diversas Views e que possuem os elementos da interface gráfica. Entre eles duas SelectList, uma para a seleção do distrito e outra para a seleção do hospital, e o botão “Localização Atual” que, quando acionado, direciona o utilizador para a página da leitura do QR Code.

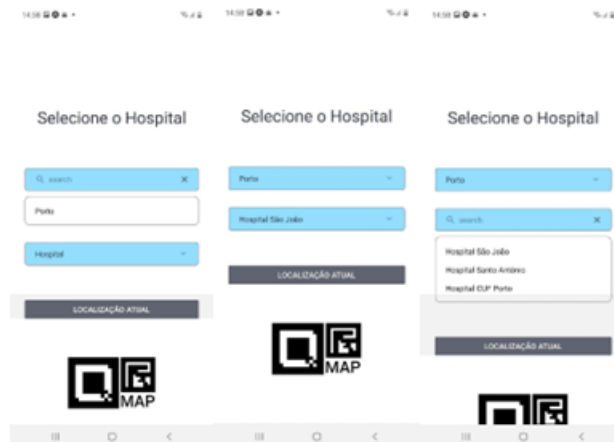


Figura 6: Página de Seleção do Distrito e Hospital

Na página de leitura do QR Code (Figura 7), para além das bibliotecas para o desenvolvimento da interface gráfica, é importada a biblioteca Expo que é utilizada para aceder a recursos nativos do dispositivo, no caso, à câmara. Para além disso, também nesta página é importada a biblioteca @react-navigation/native que é essencial para a navegação entre ecrãs.

Nesta página temos um componente principal definido como uma função e que irá receber dois parâmetros, nomeadamente “route” e “navigation”, ambos utilizados na navegação entre os ecrãs. Este componente define quatro estados recorrendo à função “useState” da biblioteca React. O primeiro estado, “hasPermission”, controla se a permissão à câmara do dispositivo foi ou não concedida. O estado “scanned” controla se o QR Code foi ou não lido. O estado “localizacaoAtual” armazena a localização atual do utilizador da aplicação obtida através da leitura do QR Code. Por fim, o estado “firstQRCode” controla se o QR Code lido é o primeiro ou não.

Para pedir permissão para aceder à câmara do dispositivo do utilizador recorre-se à função “useEffect”. No caso da permissão ser concedida, há uma atualização do estado “hasPermission” para “true”, caso contrário, é atualizado para “false”. Além disso, o estado “scanned” é definido como “false”, permitindo que novos QR Codes sejam lidos. A função “useIsFocused” é utilizada para verificar se o ecrã atual da aplicação está ou não focado.

Sempre que um QR Code é lido é chamada a função “handleBarCodeScanner” pela câmara. O estado “scanned” é atualizado para “true” e, no caso de ser o primeiro QR Code lido, o estado “firstQRCode” é atualizado para “false” e a localização atual do utilizador é armazenada no estado “localizacaoAtual”. Neste caso, o utilizador navega para o ecrã “Localizacao” passando a localização atual como parâmetro. Por sua vez, se o QR Code lido não for o primeiro, a função navega para o ecrã “Trajeto” e passa como parâmetros a localização atual e o destino.

Esta página é composta por três secções. A primeira exhibe o título da página, a segunda o leitor de QR Code e a terceira o logótipo da aplicação. Note que o leitor de QR Code só é exibido se o ecrã estiver focado e o QR Code ainda não tiver sido lido.

Assim que o primeiro QR Code é lido, o utilizador é direcionado para a página de identificação da localização atual.



Figura 7: Página de leitura do QR Code

Na página da localização (Figura 8), a função “Localizacao”, que é um componente, recebe como parâmetros “route” e “navigation”, adquirindo a localização atual do utilizador.

De acordo com a localização obtida e recorrendo a uma base de dados adquire-se o mapa com a identificação da localização atual do utilizador. Este é atribuído ao estado “imagem” usando o *hook* “useState”. Sempre que a localização atual altera o processo é executado.

A página da Localização é composta por três secções. A primeira contém o título da página, a segunda o mapa com a identificação da localização atual do utilizador, e a terceira o logótipo e um botão que direciona o utilizador para a página do Destino.

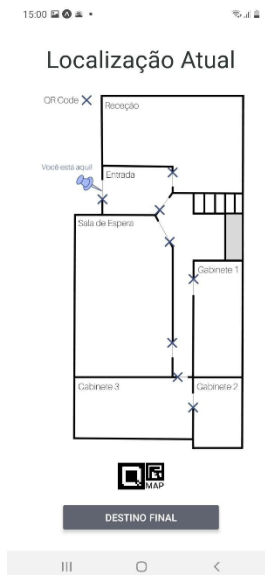


Figura 8: Página da Localização Atual

A página do Destino (Figura 9) permite que o utilizador possa selecionar um local de destino a partir de um item *dropdown*, para que seja posteriormente apresentado o trajeto que o mesmo deve fazer. Para tal, recorre-se não só a bibliotecas para o desenvolvimento da interface gráfica, como também à biblioteca “react-native-dropdown-select-list” para implementar um item *dropdown* de seleção do destino final. A lista de opções para esse item *dropdown* esta contida na variável “data”, sendo que, cada opção é representada por um objeto com uma *key* e um *value*. Para armazenar a opção selecionada pelo utilizador utiliza-se o estado “selected”.

Nesta página é também apresentado um mapa com a identificação dos locais onde se encontram os QR Codes, assim como um botão que irá direcionar o utilizador para a página de visualização do trajeto a efetuar.



Figura 9: Página do Destino Final

A página do Trajeto (Figura 10) exibe um mapa com a indicação do trajeto que o utilizador deve efetuar, assim como o número de passos que o mesmo deve dar até alcançar o QR Code seguinte.

Para a construção desta página são importadas as bibliotecas necessárias para o desenvolvimento da interface gráfica, uma base de dados proveniente de um outro arquivo e ainda importa o módulo “Audio” da biblioteca “expo-av” que permite aceder a recursos de áudio dos dispositivos *mobile*.

A função “Trajeto” recebe, como parâmetros, “route” e “navigation”. O primeiro contém informações relativas à rota atual e o segundo permite a navegação entre diferentes ecrãs da aplicação. As variáveis “destino” e “localizacao” são extraídas do parâmetro “route” usando “rout.params”. Seguidamente, os estados “imagem” e “sound” são inicializados como “null” recorrendo à função “useState”.

Quando o “destino” e “localizacao” mudam, o “useEffect” é executado. A função procura na base de dados pelo objeto corresponde ao “destino” e à “localização”. Se o objeto for encontrado e a propriedade “destinoFinal” estiver definida como “true” é reproduzido um som (“somDestinoAlcancado.mp3”), é exibido um alerta que indica ao utilizador que o destino foi alcançado e a aplicação retorna à página inicial. Note que, se “sound” existir, a função “unloadAsync()” é executada para descarregar o som. Caso a propriedade “destinoFinal” estiver definida como “false”, a imagem do trajeto correspondente é definida recorrendo ao “setImage”.

A página do trajeto é composta por três secções. A primeira secção exibe o título da página, a segunda exibe um mapa com o trajeto que o utilizador deve efetuar desde a sua localização atual até ao destino final anteriormente definido e indica o número de passos que tem de dar até alcançar o próximo QR Code, e a terceira contém um logótipo e um botão para ler um novo QR Code. Quando este botão é acionado direciona o utilizador para a página de leitura do QR Code.



Figura 10: Página de apresentação do Trajeto

O utilizador é direcionado novamente para a página de leitura do QR Code para que o possa ler. Assim que este é lido a localização atual do utilizador é atualizada para a informação lida no último QR Code. Em função dessa nova localização atual e do destino anteriormente definido pelo utilizador, este é direcionado novamente para a página do trajeto (Figura 11) onde surge o mapa com a indicação do trajeto que o utilizador tem de percorrer devidamente atualizado, ou seja, tendo em consideração o atual posicionamento do utilizador e o destino final previamente definido pelo mesmo.

Este processo repete-se até que o utilizador tenha alcançado o destino final pretendido, ou seja, até que a localização atual do utilizador seja a mesma que o seu destino final.

Para o desenvolvimento desta aplicação *mobile* foram utilizadas mais duas tecnologias, nomeadamente o GitHub e o Fork.

O GitHub é uma plataforma de alojamento e gestão de projetos que possibilita a colaboração de programadores em projetos de *software*. Com esta plataforma é possível armazenar, gerir e partilhar o código de projetos de *software*, assim como colaborar com outros programadores e contribuir para projetos de código aberto nas mais diversas áreas [39].

Para além da principal vantagem do GitHub que consiste no armazenamento de código, esta plataforma disponibiliza uma vasta gama de recursos, desde ferramentas de colaboração, identificação de problemas, controlo de versão (monitorização e gestão de alterações no código ao longo do tempo através da manutenção do histórico completo e transparente das mudanças efetuadas), gestão de projetos, revisão de código, integração contínua (permite que os programadores testem, construam e implementem código

continuamente e de forma automatizada), entre outras. Esta disponibiliza uma plataforma para toda a comunidade de programadores, onde podem colaborar em projetos de código aberto [39].

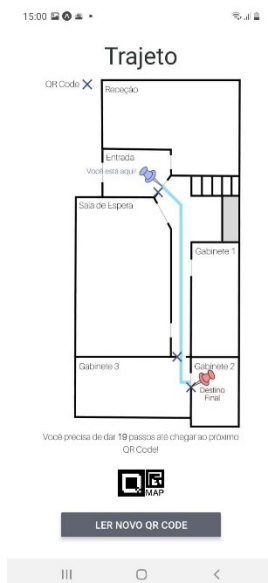


Figura 11: Página de apresentação do Trajeto devidamente atualizado

O GitHub é deveras utilizado por organizações e empresas de todo o mundo, assim como por programadores individuais, sendo que apresentam como objetivo comum o armazenamento e a gestão de projetos de *software* de todos os tipos e tamanhos [39].

Para além de ser uma plataforma gratuita quer para uso profissional quer pessoal, o GitHub possui recursos avançados pagos para utilizadores e equipas de desenvolvimento [39].

Em suma, o GitHub é uma plataforma que proporciona melhorias na eficiência, qualidade e colaboração em projetos de *software* [39].

O Fork consiste numa plataforma de desenvolvimento de *software* que disponibiliza recursos para a monitorização e gestão de alterações no código ao longo do tempo e colaboração quer para programadores individuais como para equipas de desenvolvimento. Nesta plataforma, os utilizadores têm a possibilidade de [40]:

- Criar repositórios: um repositório consiste no local onde é armazenado o código-fonte de um dado projeto. Poder-se-á criar um repositório no Git, por exemplo, e depois acompanhar as mudanças efetuadas no código ao longo do tempo.
- Efetuar *commits*: um *commit* consiste numa operação que salva as alterações efetuadas no código-fonte num dado momento. O utilizador está a registar instantaneamente o estado atual do seu código, gerando uma mensagem que indica quais foram as alterações efetuadas.
- Efetuar *pushes*: um *push* consiste numa operação que envia as alterações efetuadas no código-fonte para um repositório remoto, ou seja, o utilizador atualiza o repositório remoto com as alterações realizadas.

- Efetuar *pulls*: um *pull* consiste numa operação que recorre a alterações efetuadas por outras pessoas no repositório remoto incorporando-as no código-fonte local.
- Efetuar *merges*: um *merge* consiste numa operação que resulta da combinação das alterações efetuadas entre duas ou mais ramificações do código-fonte numa só ramificação.

Para além destas operações, que são essenciais para trabalhar em projetos de código-fonte aberto e colaborativo, no Fork os utilizadores também podem gerir problemas e realizar revisões ao código ^[40].

O Fork disponibiliza diversos recursos, nomeadamente uma interface gráfica do utilizador (GUI) intuitiva que permite que os programadores visualizem e giram as alterações efetuadas no código eficientemente. Para além do mais, esta plataforma integra-se com outras ferramentas, tais como o GitLab, o Bitbucket e o GitHub. O Fork gere problemas e rastreia pedidos de *pull* eficientemente, proporcionando ao utilizador uma visão geral transparente do *status* do projeto. Esta plataforma disponibiliza recursos avançados para a revisão de código promovendo uma melhoria na qualidade do mesmo. O Fork é uma plataforma que tem como base o Git e, como tal, os utilizadores têm a possibilidade de gerir versões de código facilmente e colaborar em projetos de equipa ^[40].

Todos estes recursos tornam a plataforma Fork uma opção interessante para os programadores que procuram uma ferramenta intuitiva e poderosa para gerir projetos de *software* ^[40].

De modo a representar melhor a prova de conceito desenvolvida, foi criado um vídeo demonstrativo da mesma e que pode ser acedido através do seguinte link:

https://www.youtube.com/watch?v=p3_1LpcYxyc&ab_channel=SimoneSa

Capítulo 4 - Análise de Negócio

Do ponto de vista financeiro é fundamental efetuar uma análise de mercado para que a comercialização deste produto seja possível. A análise de mercado remete para a revisão pormenorizada de negócios pré-existentes na área que compõem o mercado competitivo, de que forma se pretende introduzir o produto no mercado e qual será a adesão do mesmo por parte dos consumidores. Para isso, são analisados não só dados quantitativos relevantes, mas também o tamanho do mercado, o perfil dos clientes e receitas, informações qualitativas, motivos de compra, desejos e valores dos consumidores ^[41].

4.1 Dimensão do mercado e clientes

Primeiramente tem de ser efetuada uma análise ao mercado, apurando a procura existente relativa ao produto final, direcionada ao perfil do consumidor ideal, e garantindo o alinhamento dos objetivos e expectativas definidas com os resultados obtidos.

De acordo com dados fornecidos pela Pordata, em 2020, existiam, em Portugal, 241 hospitais, dos quais, 128 são privados. De 2010 para 2020 observou-se uma subida no número de hospitais em 12 estabelecimentos, tal como é possível observar na Figura 12. Houve uma queda no número de hospitais em menos de 2% entre 2010 e 2014, existindo uma pequena recuperação em 2012. Após um período de estagnação entre 2014 e 2017, deu-se um crescimento de 16 hospitais durante os próximos anos ^[42] ^[43].

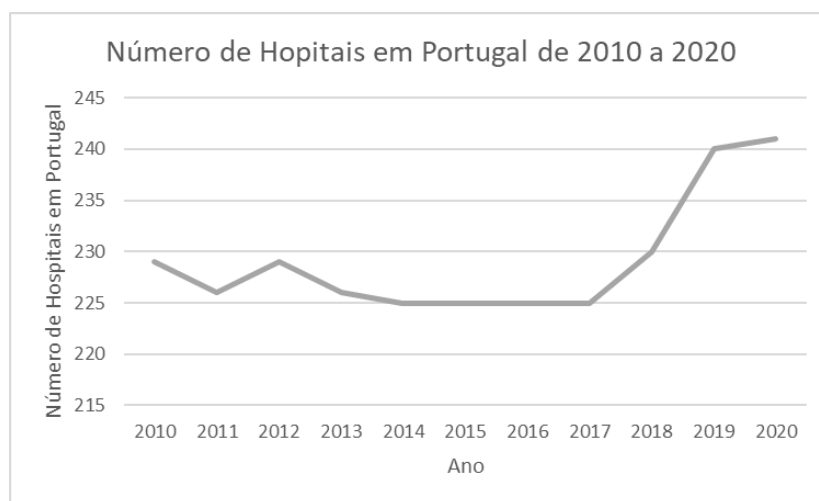


Figura 12: Número de Hospitais em Portugal entre 2010 e 2020 ^[42]

Em 2020 foram registados 987,2 mil internamentos correspondentes a 9,4 milhões de dias de internamento. 70,5% destes ocorreram em hospitais públicos, sendo que a duração média de internamento foi 7,5 dias nos hospitais gerais e 47,0 em hospitais especializados.

No final deste ano, existiam 26 249 médicos ao serviço nos hospitais, 48 255 enfermeiros e 10 508 técnicos de diagnóstico e terapêutica (todos os valores superiores aos obtidos em 2010).

No mesmo período, efetuaram-se 5,7 milhões de atendimentos nos serviços de urgência dos hospitais, sendo que estes foram principalmente realizados em hospitais públicos. Para além disso, foram efetuadas 18,4 milhões de consultas médicas nas unidades de consultas externas (de especialidades médicas e de especialidades cirúrgicas), maioritariamente realizadas nos mesmos estabelecimentos.

Por fim, foram efetuadas 858,1 mil cirurgias, das quais 65,0% em hospitais públicos [43].

Com os dados apresentados anteriormente poder-se-á aferir que, para além do elevado número de estabelecimentos hospitalares que atualmente existem em Portugal, o fluxo de pessoas (utentes, doentes, médicos, enfermeiros, técnicos de diagnóstico e terapêutica, auxiliares de ação médica, entre outros) no interior do mesmo é elevado e tem vindo a intensificar-se ao longo dos últimos anos. Neste sentido, o problema que o produto apresentado pretende resolver tem-se vindo a tornar cada vez mais evidente.

Assim sendo, pode afirmar-se que a tecnologia apresentada irá atenuar o problema do intenso e desorganizado fluxo hospitalar.

4.2 Análise da Concorrência

4.2.1 Navigine

A Navigine é um fornecedor de tecnologias de posicionamento integradas que oferece mais de 500 soluções de localização e navegação a nível mundial. Criam aplicações *mobile* e sistemas empresariais integrados para localização e navegação de pessoas, veículos e bens [44].

De acordo com a Navigine, a localização e navegação *indoor* está a ser cada vez mais utilizada e os sistemas de posicionamento *indoor* (IPS) têm-se vindo a tornar cada vez mais disponíveis a nível mundial [44].

Muitos destes sistemas recorrem à navegação pela integração do QR Code em aplicações *mobile*. Esta tecnologia resolve o problema da dificuldade de navegação em ambientes internos, garantindo que o utilizador encontra o caminho a efetuar para alcançar qualquer ponto de interesse (PoI). A leitura/digitalização de um QR Code localiza o utilizador e guia-o para uma página *web* onde é apresentado um mapa que indica o percurso que o utilizador deve efetuar desde a posição inicial até qualquer ponto dentro do estabelecimento em causa. Este sistema, para além de aumentar a segurança e melhorar a experiência do utilizador, aumenta a eficiência a nível organizacional e promove a diminuição de perdas. Para além disso, em determinadas situações, este sistema proporciona uma redução na carga de trabalho,

minimizando as consultas por parte dos clientes, assim como possibilita a reunião e o fornecimento de dados relativos ao comportamento adotado pelos clientes ^[44].

Esta plataforma digital funciona quer com Android quer com iOS, pelo que é adequada a quase todos os dispositivos móveis ^[44].

Este sistema foi construído de modo a priorizar o uso de entradas, corredores e elevadores mais adequados. Complementarmente, recorrendo ao QR Code, poder-se-á integrar o mapa numa página *web* proporcionando uma abertura direta do mesmo e a construção de trajetos sem que seja necessária a instalação da aplicação *mobile* ^[44].

A principal vantagem no uso desta tecnologia reside no facto de não fazer uso de qualquer *hardware* (para além do dispositivo para a leitura do QR Code), o que contribui para que seja uma solução adequada a quase todos os cenários da indústria ^[44].

4.2.2 QR_STU

A aplicação QR_STU é um sistema de posicionamento que recorre à leitura de QR Codes. Esta aplicação foi desenvolvida em Java e programada em SO Android para ser utilizada em *smartphones*. Existe um único pacote de instalação para a aplicação principal e para o leitor de QR Codes, sendo que este último se encontra integrado no código fonte da aplicação QR_STU. Recorre-se à biblioteca ZXing ou “Zebra Crossing” para efetuar a leitura dos QR Code. Esta é uma biblioteca *open source* que processa códigos de barra 1D e/ou 2D com diversos formatos, implementada em Java. De entre os vários formatos de códigos de barra e QR que esta biblioteca suporta temos os seguinte ^[45]:

- EAN-8 a EAN-13 (*European Article Number*)
- UPC-A a UPC-E (*Universal Product Code*)
- ITF
- Codabar
- Data Matrix
- QR Code

Para efetuar a leitura dos QR Codes recorre-se à câmara existente nos *smartphones*. Assim que o utilizador pressiona o botão “SCAN” o leitor de QR Code inicia o processo de forma automática, tal como se observa na Figura 13. Na eventualidade de o leitor de QR Code ainda não se encontrar instalado no dispositivo, a aplicação disponibiliza a instalação da mesma ^[46].

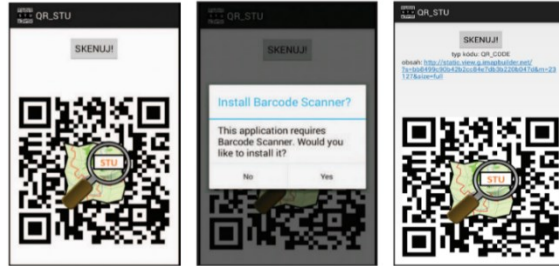


Figura 13: Páginas do Scan do QR Code

Depois de efetuada a leitura do QR Code é apresentado o conteúdo do mesmo. No caso desta aplicação, o conteúdo do código QR é referente ao endereço URL de um mapa interativo que se encontra armazenado num servidor externo [46].

Após selecionar o link aparece um mapa com a identificação da posição do utilizador e informações adicionais relevantes [46].

Esta aplicação foi testada no Departamento de Topografia da *Slovak University of Technology* na Bratislava. A planta do departamento foi desenvolvida no software AutoCAD, tal como se pode observar na Figura 14 [46].

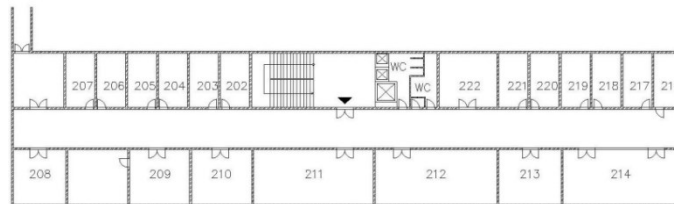


Figura 14: Planta do Departamento de Topografia da *Slovak University of Technology* na Bratislava

Posteriormente, esta planta foi introduzida no serviço *online* iMap Builder, tendo sido importado para o mapa informações relevantes. Como exemplo, temos a informação que é apresentada assim que se clica em cada escritório. A *database* de outras informações relevantes que são apresentadas sempre que algum ícone é acionado contém contactos, horários, envio de correspondência, entre outras informações [46].

Assim que a posição do utilizador é identificada e o mapa é apresentado, o utilizador é capaz de encontrar todas as informações de que necessita sobre uma dada pessoa e/ou escritório clicando nos ícones. Deste modo, o utilizador é capaz de identificar qual o melhor caminho a percorrer desde a sua posição inicial até ao destino (escritório e/ou pessoa) que pretende alcançar, tal como se pode observar na Figura 15 [46].

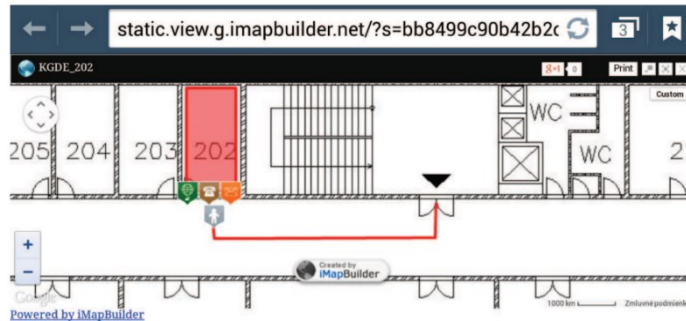


Figura 15: Apresentação do trajeto a percorrer pelo utilizador

4.2.3 Mapsted

A Mapsted é um sistema autónomo que possibilita o posicionamento em ambientes *indoor* de forma altamente rentável e precisa, eliminando custos adicionais dado que este sistema não necessita de *hardware* externo [47].

Esta tecnologia recorre ao posicionamento vertical, horizontal e *multi-building*, nomeadamente a coordenadas x e y. O posicionamento *multi-building* garante uma navegação sem interrupções em ambientes mais complexos. Através de um feixe direcional é possível identificar a localização do utilizador no mapa e recorrendo a um feixe rotativo é possível ajustar a orientação através da localização [47].

A Mapsted recorre a algoritmos inovadores, *data-fusion*, *self-learning* e adaptativos para desenvolver uma tecnologia escalável e precisa de posicionamento *indoor* e/ou *outdoor* [47].

Esta tecnologia recorre a distúrbios magnéticos ou *wireless* para determinar a localização do utilizador, transformando esse ruído em informação relevante [47].

Dado ao facto desta tecnologia não requer *hardware* externo, esta torna-se facilmente escalável e de fácil implementação [47].

4.2.4 MapsIndoors

Para além de uma plataforma de cartografia dinâmica, a MapsIndoor integra qualquer aplicação existente na perfeição. Esta tecnologia recorre a motores de cartografia exterior, nomeadamente o Google Maps ou o Mapbox, alargando as suas capacidades para ambientes *indoor* [48].

Esta plataforma fornece informação relativa a caminhos a percorrer, visualização de informação em tempo real, mapas de alta resolução (2D e 3D), entre outros [48].

Esta plataforma traduz-se em kits de desenvolvimento de *software* (SDKs), APIs para integrar e mostrar dados próprios nos mapas e um sistema de gestão de conteúdos (CMS) potente [48].

A MapsIndoor agrega os dados existentes numa visão geral simples e interativa dos espaços, proporcionando uma menor dependência de recursos internos e melhorando a experiência por parte dos utilizadores [48].

Através da combinação entre a tecnologia de posicionamento *indoor* e o mapa, é possível fornecer aos utilizadores a sua localização em tempo real, facilitando o processo de navegação em ambientes *indoor* complexos e grandes [48].

O mapa é continuamente atualizado com informação em tempo real. Deste modo, é apresentada ao utilizador uma representação exata e o mais atualizada possível, independentemente do facto do ambiente estar em constante mutação [48].

O utilizador poderá recorrer a mapas pré-construídos, ou então poderá construir uma nova versão se assim o desejar [48].

Recorrendo a dados cartográficos, o utilizador tem acesso a informação relativa ao movimento de pessoas e/ou objetos no interior do edifício. Estes dados podem e devem ser utilizados no sentido de otimizar a eficiência, utilização e segurança dos ambientes *indoor* [48].

Esta plataforma está disponível tanto para *web*, como para Android e iOS. O SDK acomoda-se a qualquer aplicação existente fazendo com que, futuramente, possam ser integradas aplicações adicionais para colmatar eventuais necessidades [48].

Qualquer utilizador poderá ter acesso ao MapsIndoor recorrendo ao Google Cloud Marketplace. Note que esta é a única plataforma de navegação em ambientes *indoor* que tem como base o Google Maps [48].

4.2.5 Buzzstreets

Recorrendo à tecnologia BUZZ *wayfinding* o utilizador é auxiliado no processo de navegação a partir de um ambiente *outdoor* até um ambiente *indoor*, independentemente se vem a pé ou nalgum transporte. Esta tecnologia faz uso de dados em tempo real garantido que é apresentado ao utilizador o melhor percurso possível de forma clara e eficiente. Deste modo, o fluxo no interior dos edifícios é controlado [49].

A Buzzstreets é um serviço capaz de orientar, selecionar trajetos, segui-los e identificar destinos. Deste modo, o processo de navegação por parte do utilizador torna-se seguro e informado. Para além do mais, este serviço resulta de uma integração perfeita com sistemas diversos, apresentando soluções que colmatam necessidades e satisfazem condições [49].

Esta tecnologia auxilia os proprietários de instalações grandes e complexas a transformar os dados e obter *insights* relevantes. A Buzzstreets recorre a dados do utilizador para otimizar e planear os espaços de modo a garantir uma experiência rápida e segura [49].

No sentido de saber como é que o espaço é usado e quais as áreas de maior importância, é fundamental analisar e compreender o comportamento do utilizador [49].

A Buzzstreets trabalha em conjunto com os clientes de modo a fornecer apoio continuamente e de modo a recolher e compreender estes dados específicos [49].

Esta é uma ferramenta de extremo valor para a obtenção de informação em tempo real relativa à localização de corpos. A tecnologia à qual se recorre são às etiquetas RFID que permitem identificar inequivocamente qualquer corpo e efetuar uma localização rastreada [49].

O uso desta plataforma permite ter uma visibilidade dos corpos em tempo real através de tempo reduzidos de pesquisa, permite efetuar *georeferencing* para inventários automaticamente, efetua uma análise de movimento do equipamento, efetua um cálculo do *stock*, o que permite tomar decisões ponderadas relativamente às compras a serem realizadas e gera alertas quando um bem deixa de estar numa dada área, evitando erros e/ou roubos [49].

Esta tecnologia facilita o processo de controlo de inventário e monitorização de pessoal em grandes empresas. A recolha de informação relativa à localização de bens, ao cumprimento de procedimentos de qualidade e outros dados recolhidos é muito valiosa para as empresas tomarem decisões estratégicas, nomeadamente em que ativos devem ou não investir [49].

4.2.6 Comparação da Qrmap com a concorrência

Para além das soluções apresentadas existem muitas outras no mercado. Contudo, estas são aquelas que mais se aproximam da solução criada.

Todas as aplicações *mobile* anteriormente apresentadas efetuam a localização e navegação *indoor*. As principais diferenças remetem para o nível de complexidade e custo de implementação, as tecnologias adotadas, se é necessário ou não o uso de *hardware* externo para além do dispositivo *mobile* e se a aplicação está disponível para os sistemas operativos Android e iOS. Para tal, apresenta-se a Tabela 1 que permite a comparação da aplicação QRmap com a concorrência.

Tabela 1: Comparação da QRmap com a concorrência.

Funcionalidade	Navigine	QR_STU	Mapsted	MapsIndoor	Buzzstreets	QRmap
Nível de complexidade de implementação	Elevado	Baixo	Elevado	Elevado	Médio	Baixo
Custo de implementação	Elevado	Baixo	Elevado	Elevado	Médio	Baixo
Necessidade de uso de hardware externo	Não	Não	Não*	Sim	Sim	Não
Disponibilidade para ambos os sistemas operativos, Android e iOS	Sim	Não	Sim	Sim	Versão web (não há informações claras sobre a disponibilidade da aplicação para iOS ou Android)	Sim
Solução Offline	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim

* A Mapsted requer o uso de dispositivos *wireless* ou magnéticos para determinar a localização do utilizador.

Embora a QRmap não utilize tecnologias tão avançadas como alguns concorrentes, esta aplicação *mobile* faz uso de uma tecnologia fácil de utilizar, intuitiva e cuja probabilidade de falha é reduzida (leitura de QR Codes). Além disso, a Qrmap é uma opção acessível economicamente, única no mercado e oferece aos utilizadores um acesso imediato, minimizando significativamente as demoras e otimizando substancialmente a sua experiência ao iniciar a aplicação. O custo e a complexidade de implementação são baixos, o que resulta num menor investimento. Para além do mais, não requer o uso de *hardware* externo para além do dispositivo *mobile*, reduzindo ainda mais os custos associados à implementação desta solução. A QRmap permite não só a localização do utilizador, como também a indicação do trajeto que o mesmo deve efetuar e a monitorização da localização do mesmo nesse espaço sem que seja necessária uma conexão ativa à internet (solução *offline*). Esta solução apresenta elevada probabilidade de progressão, dada a fácil incorporação de novas funcionalidades e adaptação da mesma a novos espaços.

Assim sendo, a solução apresentada é mais acessível que a concorrência essencialmente para utilizadores com menor orçamento e necessidades menos complexas.

4.3 Planeamento Estratégico

A identificação e quantificação das necessidades do utilizador/cliente final e a definição de uma estratégia é essencial para a avaliação da força do produto no mercado. Para tal, deve-se identificar as principais vantagens e desvantagens do produto criado recorrendo a ferramentas como a análise SWOT.

A análise SWOT consiste numa ferramenta estratégica que pretende avaliar os pontos fortes, os pontos fracos, as oportunidades e as ameaças do negócio, de modo a compreender a posição do produto no mercado. Essa análise encontra-se efetuada na Figura 16 ^[50] ^[51].

SWOT ANALYSIS

STRENGTHS	WEAKNESSES
<ul style="list-style-type: none"> Solução eficaz, simples e de fácil implementação para a localização e navegação <i>indoor</i>; Aumento da eficiência no deslocamento em ambientes <i>indoor</i>, melhorando a experiência e satisfação do utilizador e poupando-lhe tempo; Identificação da localização exata do utilizador, melhorando a precisão de navegação; Possibilidade de integração de outras tecnologias e sistemas; Solução de baixo custo; Solução <i>offline</i> (não é necessária conexão à internet), o que reduz a dependência de serviços externos diminuindo os riscos de interrupções no serviço; Utilização da tecnologia QR Code já conhecida pela maioria dos utilizadores; Apresentação de informações sobre o trajeto a efetuar. 	<ul style="list-style-type: none"> Solução pouco prática, pois o utilizador tem de estar constantemente a ler QR Codes para identificar a sua localização exata; Necessidade de os utilizadores possuírem um <i>smartphone</i> com câmara; Custo de colocação e manutenção dos QR Codes pelo edifício; Todos os dados necessários para a navegação devem estar previamente armazenados no dispositivo do utilizador o que pode ocupar uma grande quantidade de espaço de armazenamento e tornar a aplicação mais pesada e, conseqüentemente, mais lenta. Além disso, a atualização dos dados pode ser complexa.
OPPORTUNITIES	THREATS
<ul style="list-style-type: none"> Solução inovadora com potencial em vários setores; Possibilidade de melhorar a precisão da localização e a experiência do utilizador com o uso de tecnologias emergentes; Possibilidade de personalização da solução de acordo com as necessidades específicas de cada utilizador; Expansão do mercado; Preenchimento de lacunas no mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> Existem outras soluções no mercado para a localização e navegação <i>indoor</i>, como as baseadas em sistemas de <i>beacons</i>, o que pode tornar o produto menos competitivo; A segurança da aplicação e dos dados dos utilizadores pode ser uma preocupação, dado que a aplicação requer acesso à câmara e ao armazenamento do dispositivo <i>mobile</i> do utilizador; Possibilidade de aparecimento de novas tecnologias que possam tornar a solução atual obsolenta.

Figura 16: Análise SWOT da QRmap

4.4 Análise Financeira

Para efetuar uma análise financeira deste projeto ter-se-á em consideração o investimento inicial efetuado, custos fixos e variáveis anuais e as receitas geradas anualmente. Em função dos valores obtidos, determinam-se os resultados líquidos e, deste modo, identificar-se-á o *break-even point* que corresponde ao ponto crítico de vendas para o qual o montante de vendas cobre os custos totais [52].

4.4.1 Investimento Inicial

O investimento inicial tem por base o desenvolvimento da aplicação *mobile* que inclui não só o pagamento do subsídio de alimentação (7€/dia) e salários no valor bruto de 1400€/mês a cada um de cinco trabalhadores durante seis meses como também despesas legais, nomeadamente registo, certificação e classe do produto. Para além do mais, tem de se ter também em consideração o investimento efetuado na compra de equipamentos, nomeadamente computadores e *software*, assim como custos relativos ao marketing e promoção do produto. Na Tabela 2 encontram-se evidenciados, de um modo generalizado, todos os custos que englobam o material referido anteriormente.

Tabela 2: Tabela relativa ao investimento inicial.

Investimento inicial	
Desenvolvimento da aplicação <i>mobile</i>	50 000,00 €
Equipamento e software	20 000,00 €
Marketing e promoção	30 000,00 €
TOTAL	100 000,00 €

Tem-se em consideração que o investimento inicial é proveniente de capital próprio, logo não serão tidas em consideração eventuais amortizações, dado que este valor resulta de um investimento sem taxas de juro associadas.

4.4.2 Custos Fixos Anuais

Para os custos fixos teve-se em consideração o pagamento de salários, assim como despesas para a segurança social e outros encargos, aluguer de espaço, despesas gerais, marketing e publicidade, tal como se pode observar na Tabela 3. Para tal considerou-se um período de cinco ano.

Tabela 3: Tabela relativa aos custos fixos anuais.

Custos Fixos Anuais	
Salários (1400€/mês) e subsídio de alimentação (7€/dia)	110 000,00 €
Segurança Social e outros encargos (23,75% do valor do salário bruto)	24 000,00 €
Aluguer de espaço e despesas gerais	25 000,00 €
Marketing e publicidade	20 000,00 €
TOTAL	179 000,00 €

Para efeitos de cálculo considerou-se que existem cinco pessoas a trabalhar neste projeto, nomeadamente dois programadores, um de *back-end* e outro de *front-end*, um *quality assurance*, um *designer* e um *product manager*. Estimou-se um salário médio bruto mensal de 1400€ para cada trabalhador. Note que cada trabalhador terá um custo mensal aproximado de 2200€ para a empresa, valor que inclui a taxa social única de 23,75% e o pagamento de 13º mês e subsídio de férias.

4.4.3 Custos Variáveis Anuais

Para os custos variáveis teve-se em consideração despesas relacionadas com a manutenção dos QR Codes nos diversos edifícios e despesas de hospedagem e manutenção de servidores, tal como se pode observar na Tabela 4. Embora estes custos variem anualmente, dado que é expectável que o número de clientes cresça anualmente, teve-se em consideração um valor médio para os primeiros cinco anos.

Tabela 4: Tabela relativa aos custos variáveis anuais.

Custos Variáveis Anuais	
Manutenção dos QR Codes	8 000,00 €
Hospedagem e manutenção de servidores	15 000,00 €
TOTAL	23 000,00 €

4.4.4 Receitas

Tal como mencionado anteriormente, este produto será vendido diretamente aos hospitais. Em função da descrição do perfil do cliente efetuada previamente, teve-se em consideração que, no primeiro ano, prevê-se alcançar 15 hospitais. No segundo ano espera-se um crescimento de 30% no número de hospitais alcançados relativamente ao ano anterior, resultando num total de 20 hospitais. No terceiro ano o crescimento será de 25% (25 hospitais), no quarto de 20% (30 hospitais) e no quinto de 15% (35 hospitais), ou seja, prevê-se um decréscimo de 5pp (pontos percentuais) anualmente (Tabela 5). É expectável que este crescimento comece a estabilizar a partir do quinto ano. Assim sendo, considerando os dados disponibilizados pela Pordata relativos a 2020 e considerando que, em 2024 (ano cruzeiro da empresa), o número de hospitais permanece constante (241 hospitais em Portugal), é expectável que ao fim de cinco anos se tenha alcançado aproximadamente 14,5% da quota de mercado nacional ^[42].

Tabela 5: Tabela relativa às receitas anuais.

Ano	Número de Hospitais	Receita (Preço: 10 000€/ano)
Ano 1	15	150 000,00 €
Ano 2	20	200 000,00 €
Ano 3	25	250 000,00 €
Ano 4	30	300 000,00 €
Ano 5	35	350 000,00 €

Para efeitos de cálculo contemplou-se um valor para o preço de licença de 10 000€/ano.

4.4.5 Resultados Líquidos

O resultado líquido (rendimentos líquidos das despesas ao longo do período de um ano, que se traduzem no lucro ou prejuízo da empresa, dependendo se o resultado é positivo ou negativo) consiste no resultado final da demonstração de resultados determinado durante um dado período de tempo, geralmente, um ano, uma vez que toda a contabilidade empresarial é efetuada no final desse período.

Na Tabela 6 encontram-se representados os valores relativos aos custos, receitas e resultados líquidos para um período correspondente a cinco anos.

Tabela 6: Tabela relativa aos resultados líquidos dos períodos.

Ano	Custos	Receita	Resultado Antes do Imposto	Resultado Líquido do Período
Ano 1	302 000,00 €	150 000,00 €	-152 000,00 €	-152 000,00 €
Ano 2	202 000,00 €	200 000,00 €	-154 000,00 €	-154 000,00 €
Ano 3	202 000,00 €	250 000,00 €	-106 000,00 €	-106 000,00 €
Ano 4	202 000,00 €	300 000,00 €	-8 000,00 €	-8 000,00 €
Ano 5	202 000,00 €	350 000,00 €	140 000,00 €	112 600,00 €

Note que, no primeiro ano, para além dos custos fixos e variáveis associados, também é contabilizado o investimento inicial.

Sobre o valor do resultado obtido no quinto ano é aplicado o imposto sobre o rendimento das pessoas coletivas (IRC). Este imposto consiste na aplicação de 17% sobre os primeiros 50 000€ de lucro da empresa, para pequenas e médias empresas, e 21% sobre o remanescente revertendo no resultado líquido do período ^[53].

Na Figura 17 encontram-se representados os resultados líquidos para um período de cinco anos. Tal como se pode verificar, o *break-even point* ocorre após o início do quinto ano.

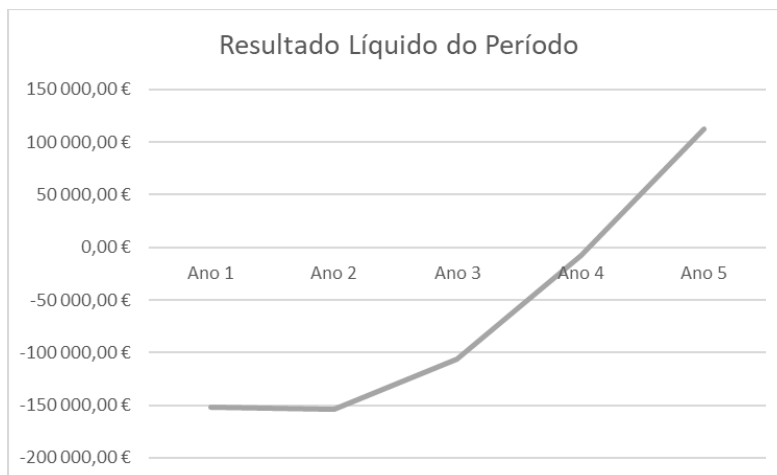


Figura 17: Resultado líquido dos períodos

Capítulo 5 - Conclusão e Trabalhos Futuros

O objetivo principal deste trabalho foi cumprido e o resultado obtido foi positivo, dado que foi possível desenvolver uma aplicação *mobile* que determinasse a localização, permitisse e facilitasse o processo de navegação do utilizador no interior de edifícios através da indicação do trajeto que o mesmo tinha de percorrer e efetuando a monitorização da localização do mesmo através da leitura de sucessivos QR Codes.

A tecnologia utilizada para o desenvolvimento desta aplicação *mobile* foi a leitura de QR Codes. Através da leitura de QR Codes dispostos em locais específicos, nomeadamente, em entradas/saídas e interseção de corredores, é possível identificar a localização atual do utilizador. Após ser informado da sua localização, é apresentado um mapa com a indicação do trajeto que o mesmo deve efetuar a partir do local onde se encontra até ao destino pretendido. No mapa exibido também se encontram representados os locais onde estão dispostos os QR Codes e quantos passos o utilizador deve dar até alcançar o QR Code seguinte. Assim que o utilizador lê o novo QR Code é efetuado um *refresh* automático ao mapa com a indicação do trajeto, sendo apenas apresentado o trajeto que deve efetuar desde o local onde se encontra, após ter lido o novo QR Code, até ao destino final inicialmente escolhido. Este processo ocorre até que o utilizador tenha alcançado o destino final.

Aquando da elaboração da prova de conceito da aplicação *mobile*, escreveu-se o código no Visual Studio Code, usando como linguagem de programação o JavaScript e como *framework* o React Native. Recorreu-se à tecnologia Expo como plataforma de desenvolvimento, possibilitando a publicação e atualização da aplicação diretamente na nuvem. Recorreu-se também ao GitHub para o armazenamento e gestão deste projeto. A última tecnologia a ser utilizada foi o Fork, que se integra com o GitHub e permite visualizar e gerir as alterações efetuadas no código de forma eficiente.

Após ter sido efetuada uma pesquisa de mercado, constatou-se que já existem algumas aplicações capazes de identificar a localização atual do utilizador em tempo real e indicar o trajeto que o mesmo deve efetuar. Algumas dessas aplicações fazem uso da tecnologia implementada, a leitura de QR Codes. Contudo, quando comparadas com a solução desenvolvida, conclui-se que, em alguns parâmetros, nomeadamente ao nível do custo e complexidade de implementação, utilização de *hardware* externo e disponibilidade para os sistemas operativos Android e iOS, a solução desenvolvida destaca-se positivamente. Algumas aplicações concorrentes recorrem a tecnologias mais avançadas, contudo, este fator aumenta o custo de implementação e a complexidade. O aumento do custo irá, conseqüentemente, resultar num preço de venda elevado, o que, na maioria das vezes, é um fator decisivo no processo de compra por parte do cliente, no caso, os hospitais. Para além disso, a QRmap faz uso de uma tecnologia fácil de utilizar, intuitiva e cuja probabilidade de falha é reduzida. É uma opção acessível economicamente, única no mercado e que oferece aos utilizadores um acesso imediato.

No que concerne à análise financeira, após se ter determinado o investimento inicial a ser efetuado, os custos fixos e variáveis anuais e as receitas obtidas anualmente, calcularam-se os resultados

líquidos para os primeiros cinco anos de atividade e verificou-se que é expectável que logo após o início do quinto ano se recupere o investimento efetuado (*Pay-back period*).

Ao longo do desenvolvimento desta dissertação foram ultrapassadas algumas dificuldades. A primeira dificuldade consistiu na escolha da tecnologia a utilizar. Para tal, teve-se em consideração que se pretendia desenvolver uma prova de conceito simples, de fácil utilização, adaptável a diversos contextos e com elevada possibilidade de progressão. Assim sendo, concluiu-se que uma tecnologia interessante de utilizar seriam os QR Codes, dado que se trata de uma tecnologia bastante conhecida pela população em geral o que iria promover uma maior adesão por parte da mesma, é de fácil implementação e utilização, com baixa probabilidade de falha e elevada possibilidade de progressão.

Também a escolha da linguagem de programação e *framework* a utilizar foi um desafio. Neste sentido, considerou-se a necessidade de esta prova de conceito ser desenvolvida para que possa ser utilizada nos sistemas operativos Android e iOS. Assim sendo, escolheu-se como linguagem de programação o JavaScript e como *framework* o React Native.

Para além das adversidades apresentadas, muitas outras foram ultrapassadas, desde a escolha do design da prova de conceito à escrita do código para o desenvolvimento da mesma. Contudo, foram feitos sempre esforços no sentido de ultrapassar estas dificuldades da melhor forma possível.

É fundamental mencionar que o trabalho desenvolvido, descrito nesta dissertação, consiste numa prova de conceito, pelo que deverão ser implementadas novas funcionalidades aquando da comercialização deste produto.

Uma das funcionalidades que deve ser implementada remete para a capacidade do sistema efetuar um *refresh* automático, não só a cada QR Code que é lido, mas também a cada passo que o utilizador dá. Deste modo, o utilizador seria localizado a qualquer momento e não apenas quando lê os QR Codes. Para tal, dever-se-á estudar a possibilidade de associação de sensores a este produto, como, por exemplo, o pedómetro, acelerómetro, entre outros, ou associação a uma rede Wi-Fi ou *Bluetooth*.

Para além do mais, poder-se-á também implementar uma página de login para que sejam recolhidos dados do utilizador e para que seja efetuada uma ligação direta hospital-utilizador. Deste modo, poder-se-ia ter acesso às consultas e exames que o utilizador da aplicação *mobile* irá realizar e associar automaticamente um destino final em função do gabinete/sala em que essas consultas e/ou exames terão lugar.

O cálculo do número de passos a efetuar pelo utilizador foi determinado considerando um valor médio da passada. Uma melhoria a esta funcionalidade remete para a identificação do sexo e altura do utilizador e, em função desta informação, calcular o tamanho da passada. Deste modo, ter-se-á um valor mais preciso e real para este parâmetro.

Outras funcionalidades a serem implementadas consistem na criação de uma base de dados externa, tornando-se fulcral o estudo de novas tecnologias para a criação da mesma. Para além disso, seria também interessante a implementação de um algoritmo que permitisse identificar o melhor trajeto a efetuar de forma automática. Contudo, temos de ter em consideração que esta funcionalidade irá aumentar

a complexidade do produto de forma considerável. Na eventualidade de não se implementar este algoritmo, o trajeto a efetuar pelo utilizador deverá ser apresentado tendo em consideração coordenadas pré-definidas e não imagens, tal como acontece nesta prova de conceito.

Com um produto mais estruturado e robusto, dever-se-ia implementar esta solução num ambiente hospitalar, de modo a analisar a receção do mesmo por parte dos utilizadores destes estabelecimentos.

Por fim, mas não menos importante, seria importante obter registo e certificação do produto a ser comercializado e o investimento financeiro inicial para a colocação do mesmo no mercado.

Referências Bibliográficas

- [1] Xia, S., Liu, Y., Yuan, G., Zhu, M., & Wang, Z. (2017). Indoor fingerprint positioning based on Wi-Fi: An overview. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(5), 135.
- [2] De, E., Nuno, E., Ferreira, M., & Oliveira, L. (2014). Universidade do Minho. Localização Indoor por Identificação de Marcos.
- [3] Koyuncu, H., & Yang, S. H. (2010). A Survey of Indoor Positioning and Object Locating Systems. *Journal of Computer Science*, 10(5), 121–128.
- [4] Gu, Y., Lo, A., & Niemegeers, I. (2009). A Survey of Indoor Positioning Systems for Wireless Personal Networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 11(1).
- [5] Santos, D. R. C. (2013). Universidade da Beira Interior. O Fluxo como Condicionante na Arquitetura dos Hospitais (p. 173).
- [6] Carlson, L. A., Hölscher, C., Shipley, T. F., & Conroy Dalton, R. (2010). Getting lost in buildings. *Current Directions in Psychological Science*, 19(5), 284–289.
- [7] Agrawala, M., & Stolte, C. (2001). Rendering effective route maps: Improving Usability Through Generalization. *Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH '01)*, 1, 241–249.
- [8] Dong, J., Noreikis, M., Xiao, Y., & Ylä-Jääski, A. (2019). ViNav: A Vision-Based Indoor Navigation System for Smartphones. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 18(6), 1461–1475.
- [9] Jeamwathanachai, W., Wald, M., & Wills, G. (2016). Map Data Representation for Indoor Navigation by Blind People. *International Journal of Chaotic Computing*, 4(1), 70–78.
- [10] Puikkonen, A., Sarjanoja, A.-H., Haveri, M., Huhtala, J., & Häkkinen, J. (2009). Towards designing better maps for indoor navigation - Experiences from a Case Study. *Proceedings of the 8th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, 1–4.
- [11] Antunes, A. P., & Delazari, L. S. (2019). Landmarks evaluation with use of QR-code for positioning indoor environment. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 25(4), 0–15.

- [12] Gartner, G., Huang, H., Schmidt, M., & Li, Y. (2009). Smart environment for ubiquitous indoor navigation. *Proceedings - 2009 International Conference on New Trends in Information and Service Science*, June, 176–180.
- [13] Ozdenizci, B., Coskun, V., & Ok, K. (2015). NFC internal: An indoor navigation system. *Sensors (Switzerland)*, 15(4), 7571–7595.
- [14] Pombinho, P., Carmo, M. B., & Afonso, A. P. (2015). Adaptive mobile visualization – The chameleon framework. *Computer Science and Information Systems*, 12(2), 445–464.
- [15] Li, K. J., Zlatanova, S., Torres-Sospedra, J., Perez-Navarro, A., Laoudias, C., & Moreira, A. (2019). Survey on indoor map standards and formats. *2019 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*.
- [16] Baus, J., & Kray, C. (2002). Frames of Reference, Positional Information and Navigational Assistance. *Proceedings of FLAIRS'02*, 461–465.
- [17] Coors, V., Elting, C., Kray, C., & Laakso, K. (2005). Presenting Route Instructions on Mobile Devices: From Textual Directions to 3D Visualization. *Exploring Geovisualization*, November 2004, 529–550.
- [18] Kunhoth, J., Karkar, A. G., Al-Maadeed, S., & Al-Ali, A. (2020). Indoor positioning and wayfinding systems: a survey. *Human-centric Computing and Information Sciences*, 10(1).
- [19] Antunes, A. P. (2016). Avaliação de Pontos de Referência com uso de QR-Code para posicionamento em ambiente indoor. (Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Ciências Geodésicas). Universidade Federal do Paraná – UFPR.
- [20] Sarot, R. V., & Delazari, L. S. (2018). Evaluation of mobile device indoor maps. *Bulletin of Geodetic Sciences*, 24(4), 564–584.
- [21] Lorenz, A. L., Thierbach, C. O., Baur, N. I., & Kolbe, T. H. (2013). App-Free Zone: Alternatives to Mobile Devices as Indoor Navigation Aids and their Empirical Evaluation with Large User Bases. *Proceedings of the LBS 2012 Conference in Munich*.
- [22] Sarot, R. V., & Delazari, L. S. (2020). Proposta de Simbologia para Representação de Ambientes Indoor por Meio de Testes com Usuários. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 43, 208–223.

- [23] Gotlib, D., & Marciniak, J. (2012). Cartographical aspects in the design of indoor navigation systems. *Annual of Navigation*, 35–48.
- [24] Antunes, A. P., Araujo, N. S., Lima, M. C., & Delazari, L. S. (2021). Assessment of Perception of A Schematic Representation of an Indoor Environment With Distinct Visual Levels. *Geografia y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, Luján, Año 13, Número 21, Sección II: Metodología, 1-16.
- [25] Fang, H., Xin, S., Zhang, Y., Wang, Z., & Zhu, J. (2020). Assessing the influence of landmarks and paths on the navigational efficiency and the cognitive load of indoor maps. *ISPRS International Journal of GeoInformation*, 9(2), 1–13.
- [26] Lorenz, A., Thierbach, C., Baur, N., & Kolbe, T. H. (2013). Map design aspects, route complexity, or social background? Factors influencing user satisfaction with indoor navigation maps. *Cartography and Geographic Information Science*, 40(3), 201–209.
- [27] Martins, V. E. (2020). Avaliação de usabilidade e ergonomia do webgis UFPR Campus Map (UCM) acessado em dispositivos desktop e móvel. (Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Ciências Geodésicas). Universidade Federal do Paraná – UFPR.
- [28] Krukar, J., Anacta, V. J., & Schwering, A. (2020). The effect of orientation instructions on the recall and reuse of route and survey elements in wayfinding descriptions. *Journal of Environmental Psychology*, 68(February).
- [29] Keil, J., Edler, D., Kuchinke, L., & Dickmann, F. (2020). Effects of visual map complexity on the attentional processing of landmarks. *PLoS ONE*, 15(3).
- [30] de Freitas, A. P. R. R. P. (2017). *Qr Code - Tendência De Evolução Comercial No Ponto-DeVenda Físico*.
- [31] Silvério, R., da Silva, M., Saboia, J., Leal De Vargas, P., & Aurélio De Andrade Viva, M. (n.d.). *Revista Cesuca Virtual: Conhecimento sem Fronteiras REVISTA CESUCA VIRTUAL: CONHECIMENTO SEM FRONETIRAS v O USO DOS DISPOSITIVOS MÓVEIS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM NO MEIO VIRTUAL*.
- [32] Fralick, P. C. (2023, February 13). Hospital. Obtido de: Britannica: <https://www.britannica.com/science/hospital/The-general-hospital> (visitado a 15/04/2023).

- [33] Matos, R., & Matos, D. E. (2008). CURSO ESPECIALIZAÇÃO DE ARQUITETURA EM SISTEMAS DE SAÚDE UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA FACULDADE DE ARQUITETURA.
- [34] Perry, J., & Davids, J. R. (1992). Gait Analysis: Normal and Pathological Function. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 12(6), 815.
- [35] Visual Studio Code. (n.d.). Obtido de: <https://code.visualstudio.com/> (visitado a 20/04/2023).
- [36] Lange Jr, N., & Guzman Mercado, N. B. (n.d.). VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO IONIC FRAMEWORK PARA O DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS MÓVEIS.
- [37] React. (n.d.). Obtido de: <https://react.dev/> (visitado a 20/04/2023).
- [38] Expo. (n.d.). Obtido de: <https://docs.expo.dev/index.html> (visitado a 20/04/2023).
- [39] GitHub. (n.d.). Obtido de: <https://github.com/> (visitado a 20/04/2023).
- [40] Fork. (n.d.). Obtido de: <https://fork.dev/> (visitado a 20/04/2023).
- [41] IAPMEI. (n.d.). Como elaborar um plano de negócios: guia explicativo [Online PDF]. Obtido de: <https://www.iapmei.pt/> (visitado a 02/05/2023).
- [42] Pordata. (n.d.). Hospitais: número e camas [Online database]. Obtido de: <https://www.pordata.pt/portugal/hospitais+numero+e+camas-142> (visitado a 07/05/2023).
- [43] Instituto Nacional de Estatística, I.P. (2020). Estatísticas da Saúde - 2020 [Publicação periódica, Edição digital]. ISSN 2183-1637. ISBN 978-989-25-0599-2. Lisboa, Portugal.
- [44] Navigine. (n.d.). Indoor navigation using QR codes. Obtido de: <https://navigine.com/blog/indoor-navigation-using-qr-codes/> (visitado a 09/05/2023).
- [45] zxing/zxing. (n.d.). Obtido a March 8, 2023, from GitHub: <https://github.com/zxing/zxing> (visitado a 10/05/2023).
- [46] Kopáik, J. (n.d.). Positioning in Indoor Environment using QR Codes. Obtido de: www.svf.stuba.sk (visitado a 10/05/2023).

[47] Mapsted. (n.d.). Indoor Navigation. Obtido de: <https://mapsted.com/indoor-navigation/#> (visitado a 15/05/2023).

[48] MapsPeople. (n.d.). MapsIndoors [Website]. Obtido de: https://www.mapspeople.com/mapsindoors?source=google&https://www.mapspeople.com/mapsindoors?medium=cpc&https://www.mapspeople.com/mapsindoors?campaign={campaign}&https://www.mapspeople.com/mapsindoors?keyword=indoor%20navigation%20system&gclid=Cj0KCQiA6fafBhC1ARIsAIJl8nlGZxO1dRbmy_WmwI9-b7f1_H56bFi9jbvO8tmAqtIqdlhXp8DoAaAmngEALw_wcB (visitado a 15/05/2023).

[49] PCGuia. (2021, May). BuzzStreets: Start-up portuguesa criou app navegação indoor para um hospital CUF. Obtido de: <https://www.pcguaia.pt/2021/05/buzzstreets-start-up-portuguesa-criou-app-navegacao-indoor-para-um-hospital-cuf/> (visitado a 15/05/2023).

[50] IAPMEI. (n.d.). Como elaborar um plano de negócios: guia explicativo [Online PDF. Obtido de: <https://www.iapmei.pt/> (visitado a 05/05/2023).

[51] Benzaghta, M., Elwalda, A., Mousa, M., Erkan, I., & Rahman, M. (2021). Aplicações de análise SWOT: Uma revisão integrativa da literatura. *Journal of Global Business Insights*, 6(1), 54–72. ISSN 2640-6489. doi:10.5038/2640-6489.6.1.1148.

[52] Nunes, P. (2008). Break-Even Point. In *Enciclopédia de Gestão*. Know.net. Obtido de: <https://know.net/cienceconempr/gestao/break-even-point/> (visitado a 08/05/2023).

[53] Autoridade Tributária e Aduaneira. (2023). Código do Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Coletivas (CIRC). Obtido de: https://info.portaldasfinancas.gov.pt/pt/informacao_fiscal/codigos_tributarios/Cod_download/Documents/CIRC.pdf (visitado a 12/05/2023).