

Navegação Indoor - Um estudo de caso

Leandro da S. Taddeo, Paulo H. F. Alves, Francisco Klever A. Sobrinho

Centro Universitário 7 de Setembro - Fortaleza, CE - Brasil

{leandrotaddeo, fk.a316}@gmail.com, paulo_he14@hotmail.com

Abstract. *This work presents a mobile mobility project that aims to find and find the best path to the destination indoors. In this prototype it is shown that a user can find a QR Codes usage code to determine their current position. The long term of the work should present a theoretical basis that will serve as the basis for the development of the prototype, as well as the detailed development of the same, such as its architecture and particularities. A final chapter will be presented in the case of the study, where the prototype will be applied to a real context, using the Centro Universitário 7 de Setembro and the Clóvis Beviláqua Forum as study areas.*

Resumo. *Este trabalho apresenta um estudo de caso sobre um projeto de aplicação mobile que tem por principal objetivo auxiliar pessoas a se localizarem e encontrarem o melhor caminho para determinado destino em ambientes fechados. Neste protótipo, é demonstrado como um usuário pode localizar um destino utilizando-se de Códigos de Resposta Rápida (QR Codes) para determinar sua posição atual. Ao longo do trabalho será apresentado a fundamentação teórica que servirá de base para o desenvolvimento do protótipo, bem como o detalhamento do desenvolvimento do mesmo, como sua arquitetura e particularidades. No último capítulo será apresentado o estudo de caso, onde o protótipo será aplicado a um contexto real, se utilizando do Centro Universitário 7 de Setembro e do Fórum Clóvis Beviláqua como áreas de estudo.*

1. Introdução

Muitas vezes, encontrar um destino em um ambiente interno pode ser uma tarefa de difícil execução, mais ainda quando não se conhece o lugar ou o setor que se quer ir. Muitas pessoas pedem informações para pessoas próximas ou procuram informações em placas e letreiros informativos. Contudo, estes podem ser difíceis de interpretar, não serem uma representação fiel da realidade e na maioria das vezes não acompanharem com a rapidez necessária as alterações que sofre a estrutura.

As pessoas precisam muitas vezes se localizar rapidamente em locais com estrutura física complexa, mas esse não é o principal foco principal das aplicações de rotas atuais, como o Google Maps ou Waze, onde só é disponibilizada a rota para veículos e transportes públicos. Essa situação pode acontecer com qualquer um, desde alunos novatos em uma universidade até consumidores fazendo compras em um shopping recém-inaugurado.

O fato é que o estilo de vida moderno está cada vez mais sedentário, e com isso, muitas pessoas acabam passando boa parte do seu tempo em espaços internos, onde não chega o sinal do Sistema de Posicionamento Global (GPS), nem câmeras fotográficas

dos aviões e onde não entram cartógrafos. Essa é também uma das razões para a necessidade de um sistema de posicionamento direcionado para ambientes internos.

Segundo um estudo da *Strategy Analytics (2018)*, as pessoas passam 80-90% do seu tempo em ambientes internos. O estudo ainda indica que cerca de 70% das chamadas efetuadas e 80% das transmissões de dados são efetuados a partir de ambientes internos.

Para contornar esses problemas, surgiram estudos sobre a navegação *indoor* que utilizam técnicas de navegação para localizar pessoas ou objetos em locais fechados. De acordo com as necessidades específicas de localização *indoor*, a abordagem clássica do GPS é inadequada, uma vez que este é inoperacional em espaços internos.

A navegação *indoor* levanta assim desafios adicionais quando comparada com a navegação *outdoor*. O interesse no *indoor* tem-se expandido significativamente, e como tal, diversos métodos têm vindo a ser estudados e apresentados, com resultados, custos e contextos bastante diferentes entre si. Fora do País já se pode encontrar alguns produtos implantados em shoppings, museus, e aeroportos, mas aqui no Brasil essa área ainda está sendo muito estudada, encontrando-se apenas protótipos em algumas universidades em teses de mestrado e doutorado.

É sobre uma dessas ferramentas que este trabalho trata, onde será apresentado um protótipo de aplicativo baseado em navegação *indoor* que auxilie pessoas em ambientes fechados a acharem o caminho mais curto para o seu destino, com a utilização de *QR Codes* para determinar a sua localização e guiá-las através de uma rota.

Ao final do trabalho será apresentado um estudo de caso onde o protótipo será utilizado no Centro Universitário 7 de Setembro e no Fórum Clóvis Beviláqua. Neste estudo será apresentado o passo a passo da implantação desde aplicativo nesses locais, bem como os resultados obtidos com o seu uso, por meio de feedback de usuários entrevistados.

2. Navegação Indoor

2.1 Representações Indoor

Um ambiente *indoor* é um espaço composto de injunções complexas – como corredores, salas, escadas, elevadores – dentro de um ou vários edifícios. A representação adequada dessas injunções é o objetivo do mapa *indoor*, pois os edifícios apresentam propósitos diferentes [OGC et al, 2014].

Existem três formas de representar um ambiente *indoor*: plantas arquitetônicas, plantas baixas e mapas esquemáticos [Nossum, 2013]. Plantas arquitetônicas são mapas que apresentam informações sobre a estrutura do edifício, como detalhes de infraestrutura, como podemos observar na figura 1 (a). Plantas baixas são uma generalização das plantas arquitetônicas, com menos detalhes. Estas plantas são voltadas a um público geral, que tem necessidade apenas de conhecer o ambiente [Sarat, 2015]. A Planta Arquitetônica e a Planta Baixa permitem que o usuário visualize mais de uma estrutura da edificação por vez, quando os pisos podem ser apresentados em perspectiva para que um andar sobreponha o outro no mapa [Nossum, 2013], conforme figura 1 (b).

As plantas esquemáticas são definidas pelo *Intergovernmental Information Systems Advisory Council* como “um mapa simplificado preocupado com a precisão

topológica” [Sarot, 2015], ou seja, o objetivo desse mapa é abstrair as informações para uma rota onde as linhas representam os corredores e os símbolos pontuais são os compartimentos (salas, refeitórios, auditórios, etc.). Para criar mapas esquemáticos as rotas que ligam as diferentes posições de um ambiente são selecionadas, esquematizadas e recebem uma simbologia. Essa esquematização pode incluir a simplificação, o deslocamento e mudança de direção das linhas [Farias e Delazari, 2017], conforme podemos observar na 1 (c), onde as linhas representam os corredores de um prédio e os símbolos pontuais são as salas.

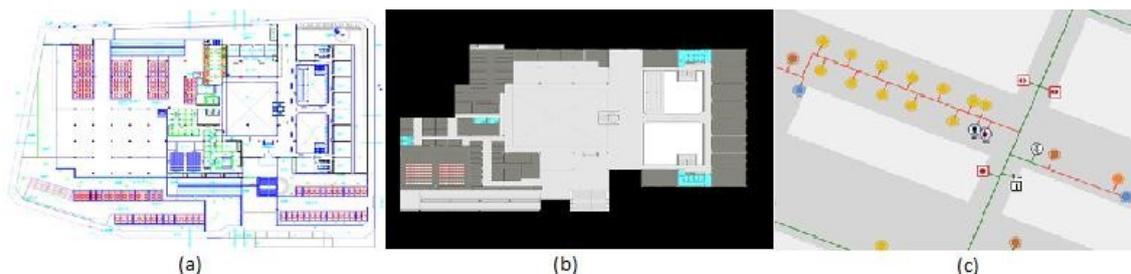


Figura 1. Representação indoor.

2.2 Sistemas de Posicionamento

Sistemas de posicionamento determinam a localização de um objeto ou pessoa em um determinado local. Existem diversos sistemas de posicionamento que nos ajudam a nos localizar e o mais conhecido deles é o GPS.

Existem três tipos de sistemas: satélite, celular e os utilizados em ambientes fechados [Kupper, 2005]. O primeiro se caracteriza pela sua ampla área de cobertura e sua precisão e disponibilidade, contudo, sua utilização não é viável em locais fechados como prédios, estacionamentos cobertos ou áreas com pouca visibilidade do céu [Lei Fang et al, 2005].

O posicionamento por celular corresponde às tecnologias de redes móveis, onde a mais conhecida é o Sistema Global para comunicação Móvel (GSP). Este geralmente funciona bem em ambientes fechados, mas não é muito preciso.

Por último, o posicionamento em ambientes fechados ocorre predominantemente em edifícios, universidades, *shoppings*, museus e centros comerciais e existem várias maneiras de se obter a posição de um objeto nesses locais. Os meios mais conhecidos serão apresentados na próxima sessão deste trabalho.

2.3 Formatos de Dados Geográficos

Serão abordados nessa seção os principais formatos de dados disponibilizados para uma área de visualização geográfica. Por ser um trabalho voltado para o mobile, somente formatos que tem suporte para tal serão apresentados.

O crescimento acelerado do uso massivo de dispositivos móveis, nos dias de hoje, leva-nos a enfrentar desafios de disponibilização da informação nos mesmos. Estes desafios se juntam com a dificuldade de encontrar um equilíbrio entre aquilo que é possível mostrar na tela de um dispositivo móvel e aquilo que é essencial para que a informação fique o mais perceptível possível [Simões, 2015]. A informação geográfica não foge à regra e do ponto de vista da sua visualização, é importante que os dados

geográficos sejam mostrados de uma forma legível, em diferentes níveis de zoom, independentemente do tamanho das telas dos dispositivos.

Toda informação que é trocada, sobretudo através da Web, é formatada de maneira a que todas as aplicações, com tecnologias diferentes que as constituem, as possam ler e decodificar. Este princípio levou ao aparecimento de alguns formatos bem conhecidos como *eXtensible Markup Language* (XML) [W3, 2018] ou *JavaScript Object Notation* (JSON) [JSON, 2018]. A partir das normatizações sobre troca e disponibilização de informação, e com uma maior procura de informação centrada na localização geográfica, foram desenvolvidos formatos de dados normalizados, baseados nos que já existiam anteriormente. Muita da informação codificada nestes formatos, trata-se de mapas ou interações com os mesmos.

2.4 Aquisição

A aquisição se refere às técnicas de obtenção da posição de um objeto em ambientes fechados [Zlatanova et al, 2013]. Dentre as diversas técnicas de aquisição, três se destacam por ter baixo custo de implantação: *Pedestrian Dead Reckoning* (PDR), *Radio Frequency based* (Wi-fi e o *Bluetooth*) e *Image Analysis based* (neste trabalho representado pelos *QR Codes*).

O PDR é uma das técnicas com maior relevância na localização *indoor*, sendo baseado nos populares Sistemas de Localização Inercial (INS). Esta técnica tem como base principal a estimação acumulada do deslocamento (norma e direção) da pessoa/objeto para localizar sua posição atual. Sua precisão varia de acordo com a precisão dos sensores utilizados, as características físicas dos passos do sujeito, o trajeto, o local onde o utilizador leva o dispositivo de medição e variáveis do ambiente (por exemplo, a existência ou não de interferências magnéticas).

A metodologia pode ser dividida em determinação da orientação, detecção do passo, filtragem e estimativa de comprimento do passo [Pratama, Widyawan, e Hidayat, 2012]. São utilizados a bússola ou giroscópio para determinar a orientação e o acelerômetro para detectar o passo. O comprimento do passo é obtido a partir da diferença de dois passos detectados.

Existem diversos sensores que podem ser utilizados para detectar a ocorrência de passos e proporcionar um meio de determinar a distância e direção em que estes foram dados. Alguns exemplos são os acelerômetros, bússolas/magnetômetros e giroscópios.

O segundo método de aquisição é por Rádio Frequência, que é uma família de métodos de localização *indoor* que utilizam uma ou mais propriedades das ondas eletromagnéticas para identificar o posicionamento de uma pessoa ou objeto em um ambiente fechado. Dentre as tecnologias existentes neste grupo, a mais comum e já muito estudada é a WLAN (também conhecida como WI-FI). Contudo, outras técnicas também estão se tornando muito populares, como o *Bluetooth*, a banda ultralarga (UWB), o RFID e o NFC.

O *Wireless Fidelity* (WI-FI) é amplamente utilizado em vários estabelecimentos, e é integrado em diversos dispositivos, como celulares, computadores, e etc. Um ponto de acesso WI-FI transmite continuamente seu sinal e cada dispositivo na vizinhança imediata recebe este sinal. O sinal inclui o endereço *MAC* que identifica o ponto de acesso proveniente daquele sinal e, além disso, todos os dispositivos próximos têm a

capacidade de medir a intensidade deste sinal. Quanto mais forte for a potência do sinal, mais precisa vai ser a posição estimada.

O *Bluetooth* caracteriza-se como uma simples e segura tecnologia de comunicação de curto alcance que pode ser encontrada em toda parte. Semelhante ao WI-FI, essa tecnologia está presente em diversos dispositivos, como smartphones, computadores, *Wearables* (computação vestível) e até mesmo em dispositivos de Internet das coisas (IoT). As principais vantagens dessa tecnologia são a robustez, baixo custo e baixo consumo de energia. A desvantagem dos sistemas de posicionamento baseados em *Bluetooth* é o fato do sistema poder proporcionar uma precisão de apenas 2 a 3 metros, e com um atraso de cerca de 20 segundos.

Por fim, o último método de aquisição que será citado nesse trabalho é o Análise de Imagem. Este método se baseia em determinar a posição através da detecção, no espaço visual a sua volta, de referências visuais diferentes das demais que nos são conhecidas. Geralmente são utilizadas marcas fiduciais para essa detecção, que são imagens artificiais adicionadas ao ambiente real, de modo que auxilie um software a identificar padrões e localizar a pessoa, como etiquetas RFID por exemplo.

As marcas fiduciais mais famosas na detecção da localização do usuário são os *QR Codes*. Estes são um tipo de código de barras 2D utilizados para codificar e decodificar dados a grande velocidade. Surgido no Japão em 1994, esta tecnologia já é amplamente utilizada em diversos setores, chegando ao ponto de ser cada vez mais comum encontrá-los em revistas, jornais, cartões de empresas, produtos de consumo do dia a dia como uma simples embalagem de shampoo.

Para se entender melhor o que é um *QR Code*, se faz necessário apresentar os códigos de barras, que podem ser divididos em dois grandes grupos, os lineares ou 1D e os de matriz ou 2D.

Os primeiros caracterizam-se pela quantidade de informação reduzida que contêm e pelo tipo de informação da mesma, podendo ser apenas do tipo numérico e alfanumérico. O seu propósito é a rotulação de objetos e indexação, sendo por isso bastante utilizados em produtos disponíveis na venda a consumidores [Pereira, 2016].

Em comparação, os códigos 2D podem conter uma quantidade de informação muitíssimo superior, sendo que essa é suportada também no formato binário. O seu propósito também é outro, divergindo da rotulação de objetos, procuram fornecer informação associada aos mesmos. Deste tipo de códigos destacam-se os *QR Codes*, por terem uma maior capacidade e leitura mais rápida em relação aos restantes.

Um *QR Code* pode ser facilmente interpretado pela câmera de um smartphone, por exemplo, e contém informações tanto na vertical quanto na horizontal. Eles armazenam um número consideravelmente maior de informações comparado aos códigos de barras convencionais e são capazes de lidar com vários tipos de dados, ou seja, podem ser utilizados para direcionar o usuário para um link, um cartão de visita, ou até mesmo uma rede social.

A sua capacidade de dados é bastante elevada podendo conter 7.089 caracteres numéricos, 4.296 alfanuméricos e 2.953 *bytes* de informação binária. Além disso, a informação pode ser recuperada mesmo que este se encontre danificado. Existem quatro níveis de recuperação possíveis, sendo eles de 7, 15, 25 e 30 por cento da informação contida no QR Code. [Pereira, 2016].

No processo de leitura os cantos são marcados e estimados, para a informação poder ser decodificada. Primeiramente o algoritmo de leitura faz a detecção dos contornos, detecção da forma, identificação da barra de controle, identificação da orientação, dimensão e densidade dos bits e por último calcula o valor do mesmo.

Atualmente qualquer smartphone equipado com câmara pode fazer leitura de *QR Codes*, necessitando apenas de software adequado. Para a criação desses programas de leitura existem vários *Software Development Kits*, como por exemplo o *Google ZXing* que se encontra disponível num vasto leque de linguagens de programação [Kim et al, 2010].

Mesmo tendo algumas desvantagens, como a necessidade de alterações no ambiente para a inserção dos QR Codes, a iluminação, que pode interferir nos resultados, a necessidade de deslocamento até o código para realizar o escaneamento, dentre outras, em comparação com as outras tecnologias, constatou-se que os *QR Codes* são uma solução simples, de baixo custo de implantação e fácil de ser implementada.

2.5 Modelagem e Visualização

Novas formas de edição e mapeamento de dados geográficos estão se tornando cada vez mais populares, principalmente as soluções colaborativas e voluntárias. Para esta tendência existem diferentes nomes, porém um dos termos mais conhecidos é *Volunteered Geographic Information (VGI)*. Este compreende um conceito que um grupo de utilizadores cria, mantém, agrupa e divulga dados geográficos e espaciais de forma voluntária e colaborativa.

O mais popular e bem-sucedido projeto VGI é provavelmente o *Open Street Maps (OSM)*, uma plataforma de mapeamento online onde utilizadores voluntários podem contribuir e editar informações geográficas de forma colaborativa, ajudando a manter os mapas atualizados.

O OSM é a principal plataforma colaborativa para dados geográficos para mapas outdoor. Esta recebe contribuições de uma comunidade de voluntários que mantêm atualizados dados sobre estradas, edifícios e outros elementos existentes no mundo exterior. As informações contidas nessa plataforma são públicas e estão disponíveis sob a licença *Open Data Commons Open Database License* [Pereira, 2016].

3. Sistema Desenvolvido

Neste capítulo será apresentado todo o processo de desenvolvimento do protótipo de aplicativo mobile desenvolvido para servir de prova de conceito para este trabalho. Serão abordadas as ferramentas utilizadas no processo de desenvolvimento, a arquitetura do software, bem como a infraestrutura geral da aplicação, os componentes que a compõem e por fim as etapas do desenvolvimento, com o passo a passo desde o início do levantamento de requisitos até a implantação e preparação para ele ser utilizado no estudo de caso.

3.1 Ferramentas Utilizadas

Para desenvolver a aplicação foi utilizada a plataforma *Mapbox*. Esta é uma plataforma de criação de mapas personalizados para aplicações mobile e web. Nessa plataforma é possível criar mapas, sistema de navegação e conta com APIs e SDKs para

desenvolvedores implementarem seus aplicativos mobile ou inserir seus mapas em sites e sistemas.

A plataforma *Mapbox* conta com um produto chamado *Studio*, onde desenvolvedores podem estilizar mapas com controle completo sobre o design destes, permitindo criar mapas personalizados. Esta ferramenta foi utilizada para criar o design do mapa e cadastrar todos os pontos de interesse dos locais de estudo, para servirem de possíveis destinos para os usuários.

A *Mapbox* se utiliza do OSM como plataforma de mapeamento *online*, sendo uma alternativa, gratuita e *open-source*, às plataformas comerciais de mapeamento como a *Google Maps* e a *Bing Maps*. A OSM possui a sua própria plataforma de edição dos seus mapas, mas por uma questão didática, optou-se por utilizar o software JOSM para realizar a edição dos mapas comunitários e possibilitar assim, o desenvolvimento do protótipo.

As principais características do software JOSM são: A comunidade que a desenvolve, e nível de documentação existente; O número elevado de *plugins* existentes, que permitem acrescentar funcionalidades ao programa base; O esquema livre de etiquetas, utilizadas no OSM, que se podem atribuir aos objetos criados no programa, podendo assim criar uma nomenclatura própria para os nomes a atribuir aos elementos do edifício; O formato que o programa utiliza para guardar o trabalho desenvolvido. Para além de ter a vantagem de não ser obrigatório enviar para a plataforma os mapas criados, é possível guardar os mesmos em XML [Pereira, 2016].

Para ser feito o georreferenciamento das plantas dos locais de estudo, foi utilizado o *software* QGIS. QGIS é um *software* livre com código-fonte aberto multiplataforma, licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU, de sistema de informação geográfica (SIG). Ele permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados, possibilitando também criar mapas para impressão. O QGIS é um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), funciona em Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e suporta inúmeros formatos de vetores, *rasters*, bases de dados e funcionalidades.

Para o desenvolvimento do protótipo de aplicação mobile para dispositivos Android, foi utilizada a IDE *Android Studio*, que é a IDE oficial da *Google* para criação de aplicações mobile nativas para Android. O *Android Studio* conta com uma série de funcionalidades que auxiliam desenvolvedores a criarem aplicativos cada vez melhores. Dentre elas pode-se destacar um editor visual de layout, analisador de APK, emulador de aplicações, editor de códigos inteligente, sistema de compilação flexível, e perfis de teste em tempo real [Android, 2018].

Como será utilizado *QR Codes* para se obter a localização do usuário na aplicação, é necessário utilizar uma biblioteca de desenvolvimento para realizar o escaneamento desses *QR Codes* dentro da aplicação. Para tal, foi utilizada a ZXING, uma biblioteca de processamento de imagens e códigos de barra 1D e 2D. A biblioteca possui código aberto e foi implementada em JAVA, mas possui suporte para outras linguagens de programação.

Para criar e gerar os *QR Codes* mencionados anteriormente, foi utilizado um site onde é possível criar vários tipos de *QR Codes*. Nele, pode-se escolher o tipo de informação que será decodificada, o seu design e resolução. Este site pode ser encontrado no endereço www.qrcode-monkey.com. Nesta ferramenta foi gerado um *QR*

Code para cada ponto de interesse, para serem espalhados pelos locais de estudo e cadastrados no aplicativo.

3.2 Arquitetura do Sistema

A base da infraestrutura da aplicação é a plataforma *Mapbox*. Segundo o site da plataforma, sua infraestrutura é executada em nove regiões da *Amazon Web Services* (AWS) em cinco continentes.

A AWS é uma plataforma de serviços em nuvem segura, oferecendo poder computacional, armazenamento de banco de dados, distribuição de conteúdo e outras funcionalidades para ajudar as empresas em seu dimensionamento e crescimento [Amazon, 2018]. Essa rede globalmente distribuída é importante para a entrega de baixa latência de mapas em cache e protege contra cenários de falha, como desastres naturais.

O tráfego de serviços da *web* varia de milhares a vários milhares de solicitações por segundo. O *Mapbox* pode lidar com essas solicitações porque cada origem regional é dimensionada de forma independente com base no tráfego em tempo real. O sistema desenvolvido baseia-se na arquitetura apresentada na figura 2.

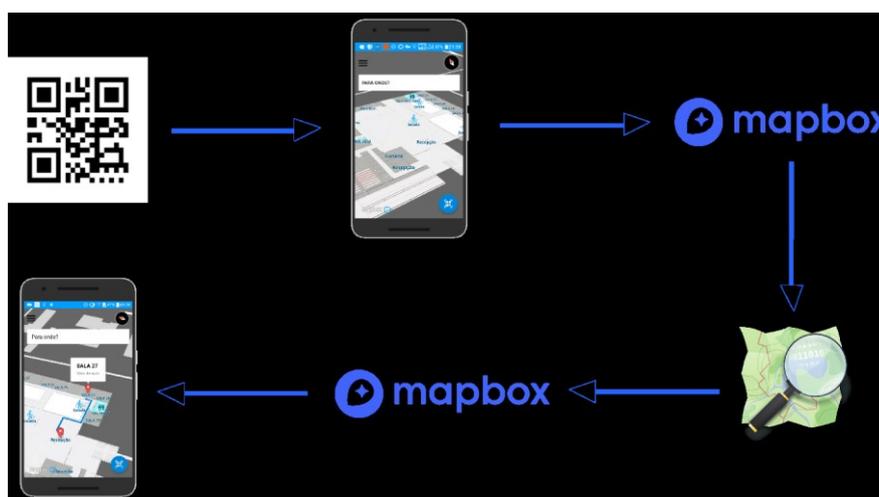


Figura 2 Ilustração da arquitetura do aplicativo.

3.3 Etapas do Desenvolvimento

Para qualquer sistema de navegação os mapas são sempre o ponto de partida. Sem um mapa, o utilizador não sabe em que posição se encontra e muito menos consegue navegar para algum lugar.

Na navegação por GPS indica-se ao sistema de navegação uma localidade ou ponto de destino e o mesmo, com base nos mapas que tem ao seu dispor, gera uma rota que permite satisfazer essa necessidade.

Deste modo, para o mesmo princípio ser aplicado à navegação interior é necessário mapear as divisões dos edifícios. Como a generalidade das construções possui uma planta, em formato digital ou físico, é essa a base de trabalho.

O desenvolvimento do protótipo pode ser dividido em seis etapas a saber, seguindo essa ordem: Georreferenciamento da planta do local; Inserção da planta georreferenciada no *Mapbox Studio*; Cadastro dos pontos de interesse (destinos) no *Mapbox Studio*; Edição do mapa no JOSM; Implementação do código Java; Geração

dos *QR Codes*. Esse desenvolvimento se deu por cerca de 6 meses e foi utilizada a planta do <omitido para revisão cega> como prova de conceito. A seguir será apresentada cada etapa em mais detalhes.

3.3.1 Georreferenciamento da planta

A primeira etapa para se fazer um aplicativo de navegação indoor é georreferenciar a planta, ou seja, tornar suas coordenadas conhecidas num dado sistema de referência. Este processo inicia-se com a obtenção das coordenadas (pertencentes ao sistema no qual se pretende georreferenciar) de pontos da imagem ou do mapa a serem georreferenciados, conhecidos como pontos de controle. Os pontos de controle são locais que oferecem uma feição física perfeitamente identificável, tais como intersecções de estradas e de rios, represas, pistas de aeroportos, edifícios proeminentes, topos de montanha, entre outros.

Para realizar o georreferenciamento da planta da UNI7, foi utilizado o software QGIS, como foi mencionado no subcapítulo Ferramentas utilizadas. Nele, foi inserida a planta em formato PNG do 2º andar do prédio da referida organização.

Em seguida foram escolhidos os principais pontos de referência para possibilitar o georreferenciamento. Normalmente são escolhidas as extremidades da construção, para facilitar o processo posteriormente. Após a escolha das coordenadas (Figura 3), o mapa já está pronto para ser georreferenciado. A ferramenta realiza todo o processo de relacionamento dos pontos geográficos da planta com os mesmos pontos geográficos do mapa real. Ao final do processo, a planta pode ser exportada no formato que será utilizada no *Mapbox Studio*, na próxima etapa.

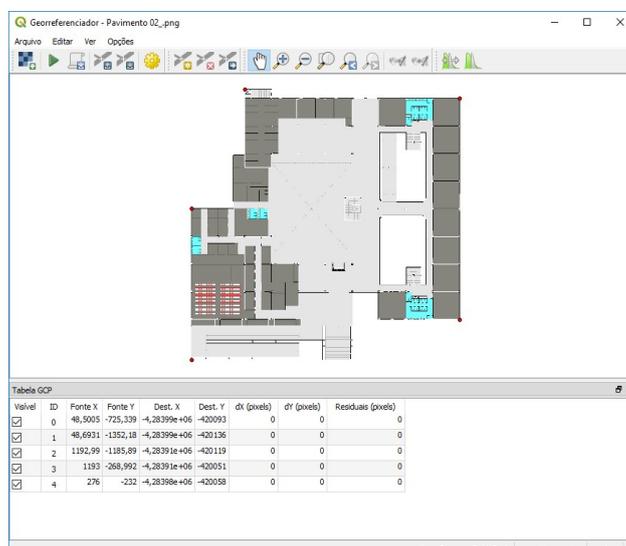


Figura 3. Planta com as coordenadas de georeferenciamento.

3.3.2 Inserção da planta no Mapbox Studio

Após georreferenciar e exportar a planta para o formato TIFF, devemos importar esse arquivo no Mapbox Studio como um novo Tileset. Um tileset é uma coleção de dados vetoriais ou raster divididos em uma grade uniforme de ladrilhos quadrados com 22 níveis de zoom predefinidos. O Tilesets é usado em bibliotecas e SDKs do Mapbox como peça central para tornar os mapas visíveis em dispositivos móveis ou no

navegador. Eles também são o principal mecanismo que usamos para determinar as visualizações de mapa.

Como a imagem já está georreferenciada, ela estará habilitada para visualização, quando seu utilizador estiver nas coordenadas (GPS) do prédio. Em seguida, selecionamos o estilo de visualização do mapa, no nosso caso, um dos estilos disponibilizados pelo Mapbox (*Light*).

Dentro do Editor, pode-se observar que já é possível ver o mapa com o local do edifício da UNI7, mas ainda não é possível ver a planta interna. O motivo é que ainda não foi criada a camada onde será inserido o *Tileset* criado anteriormente.

O próximo passo é criar a camada que receberá o *Tileset* com a planta georreferenciada. Depois de algumas configurações, como o nível de *zoom* que a planta será visualizada na tela, dentre outras, já é possível ver a planta no mapa, com todas as suas dependências.

3.3.3 Cadastro dos pontos de interesse

A próxima etapa no processo de desenvolvimento é cadastrar na plataforma todos os destinos do local de estudo. Para tal, será necessário criar um *Dataset*, que é um conjunto de dados em formato GeoJSON, que armazenará as coordenadas de cada ponto do mapa. Após criado o *Dataset*, se faz necessário selecionar o *Tileset* criado anteriormente para servir de referencial para a criação dos pontos, ficando entre o fundo do mapa e os dados que serão criados a seguir.

Para o referido protótipo, o ponto possui duas propriedades que serão utilizadas posteriormente no código, o nome e a descrição do local. No arquivo GEOJSON é possível visualizar as coordenadas de latitude e longitude do ponto criado. Estas coordenadas também serão salvas para depois serem inseridas no código. Após todos os pontos serem criados, o *Dataset* será exportado para o *Tileset* criado anteriormente. A Figura 4 (a) apresenta a planta com todos os pontos de interesse cadastrados.

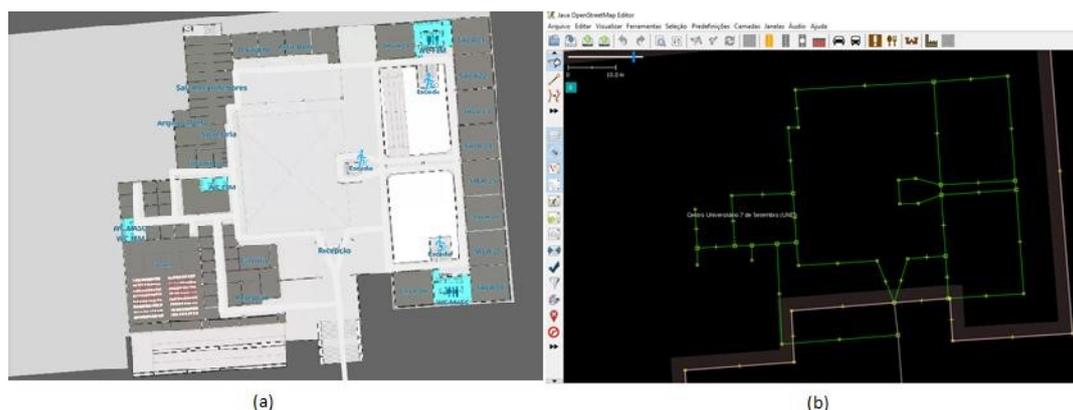


Figura 4 – Mapa com todos os pontos de interesse cadastrados e rotas no JOSM

3.3.4 Edição do Mapa no JOSM

Como o *Mapbox* utiliza o *OpenStreetMap* como plataforma de mapeamento online, se faz necessário editar o mapa nessa plataforma para ser possível criar uma aplicação de localização indoor, visto que o OSM é voltado para navegação *outdoor*. Como foi dito anteriormente, a *OpenStreetMap* possui um site onde é possível aditar os seus mapas

online, mas por questões didáticas foi utilizado o software JOSM, por ser uma ferramenta muito prática de edição de mapas do OSM.

Ao abrir a ferramenta, o primeiro passo é baixar a área que será editada, a ferramenta recomenda que essa área não seja muito grande. Em seguida, pode-se começar a editar o mapa, inserindo pontos, ruas, edificações, etc. No caso do protótipo desenvolvido, foi necessário criar uma via exclusiva para pedestres e inseri-la dentro do prédio. Em todos os corredores ou locais onde se pode trafegar pessoas dentro do prédio, foi inserido uma via para possibilitar, posteriormente, a criação da rota e guiar o usuário até o seu destino, conforme Figura 4 (b).

3.3.5 Implementação do código Java

Uma aplicação Android é muito gráfica, e como tal, a sua programação tem um grande foco nessa característica. Quando é criado um projeto Android, automaticamente é criado uma *Activity*. Uma *Activity* é uma componente da aplicação que fornece uma interface com a qual os utilizadores podem interagir, com um propósito, como enviar um e-mail ou tirar uma fotografia, escolher uma música ou interagir com um mapa.

Toda aplicação Android possui um arquivo de configurações chamado *AndroidManifest.xml*. Este arquivo armazena todas as configurações do aplicativo, como a versão mínima e máxima do Android que será suportada pelo App, dentro outras. Este arquivo é lido antes mesmo da aplicação ser visualizada pelo usuário, e contém todas as permissões que o aplicativo deverá ter para acessar componentes e recursos do dispositivo.

Segundo a documentação do Android, as permissões do sistema são divididas em vários níveis de proteção. Os dois níveis de proteção mais importantes que devem ser considerados são as permissões *normais* e *perigosas*: **Permissões normais** cobrem áreas onde o seu aplicativo precisa acessar dados ou recursos fora da *sandbox* do aplicativo, mas apresenta pouco risco à privacidade do usuário ou à operação de outros aplicativos; **Permissões perigosas** abrangem áreas onde o aplicativo precisa de dados ou recursos que envolvem informações pessoais do usuário ou que podem afetar os dados armazenados do usuário ou a operação de outros aplicativos.

No desenvolvimento do aplicativo, foram criados 4 *arrays* com todos os destinos possíveis cadastrados anteriormente. Cada *array* tem uma funcionalidade específica. O primeiro armazena os nomes de cada destino, o segundo as suas descrições, o terceiro armazena as latitudes de cada ponto e o quarto, a longitude de cada um. O primeiro *array* foi utilizado para criar a lista de destinos que é disponibilizada para o usuário no aplicativo. Quando o usuário escolhe um destino na lista, automaticamente são utilizados os dois últimos *arrays*, dependendo do index, para determinar as coordenadas (latitude e longitude) do ponto no mapa.

Para gerar o *QR Codes* que serão espalhados pelo local de estudo, foi utilizado um site específico para tal, que pode ser localizado pelo endereço www.qrcode-monkey.com. Em cada *QR code* criado foi inserido um texto com o index de cada ponto de interesse para, após ser escaneado, determinar qual a localização do usuário no prédio. Estes foram colados nas portas de todas as salas do nível escolhido, para permitir os usuários navegarem pelo prédio até o seu destino.

4. Estudo de Caso

4.1 Espaços de Estudo

As áreas de estudo são dois locais de amplo espaço, localizados na cidade de Fortaleza no Ceará, conforme podemos observar na figura 5.

Primeiramente foram feitas visitas técnicas para se conhecer a infraestrutura dos edifícios. Em seguida foi feito um mapeamento visual dos ambientes. Nesse mapeamento foram listados todos os Pontos de Interesse (destinos ou POI), como salas, banheiros e possíveis entradas e saídas, bem como escadas e elevadores.



Figura 5 – Mapa de localização dos espaços de estudo.

Normalmente os visitantes destes locais, não têm familiaridade com o uso da estrutura e sofrem com a falta de compreensão do ambiente e com problemas de orientação, que em muitos casos ocasionam o estabelecimento de rotas mentais erradas e gastos maiores de tempo para se determinar a localização dos Pontos de Interesse. Isso justifica a escolha desses locais como espaços de estudo e teste do aplicativo de localização interna.

4.3 Testes, Validações e Resultados Obtidos

A primeira versão MVP do aplicativo foi desenvolvido utilizando a UNI7 como planta para se realizar a prova de conceito. O aplicativo, depois de finalizado, foi apresentado no festival de Software, onde foi demonstrado o uso real do aplicativo para participantes, que aprovaram a ideia, apresentando *feedback* positivo para o aplicativo.

Na Figura 6 é possível observar algumas interfaces da aplicação durante o processo de navegação, com um exemplo do seu uso real. As figuras estão em ordem de uso do aplicativo. Primeiro o usuário escolhe um destino na lista. Em seguida o destino é mostrado no mapa com um ponto vermelho. O usuário procura um *QR Code* mais próximo e o captura utilizando a câmera do seu celular. O aplicativo automaticamente apresenta para o usuário o ponto de destino no mapa, a rota mais curta, que é calculada pelo próprio Mapbox, e a de distância em metros até aquele destino.

Após esses passos o usuário pode se dirigir até o seu destino, capturando os *QR Codes* encontrados pelo caminho para atualizar a sua localização no mapa. Ao fim do percurso é mostrado uma mensagem de sucesso, informando que o usuário chegou ao seu destino. Se por acaso o usuário escolher uma rota diferente, após capturar um *QR Code*, a sua rota é recalculada automaticamente e exibida no mapa.

Antes do início dos testes, foi explicado ao usuário os princípios básicos da aplicação (leitura dos QR Codes e escolha do destino). O utilizador podia encontrar QR

Codes nas portas de praticamente todas as salas daquele andar. Durante os testes foi possível perceber que muitas pessoas se perdem com frequência no local, pois o mesmo possui muitas salas, o que pode tornar a procura muito trabalhosa e cansativa. A grande maioria dos visitantes, quando chegam, só portam consigo um documento com o nome da sala que devem ir, mas não recebem uma orientação clara de como chegar nesse local.



Figura 6 – Telas do aplicativo.

Vários visitantes testaram o aplicativo, e todos comentaram que o aplicativo é muito útil e viável para auxiliar na acessibilidade de pessoas, e ainda perguntaram se o mesmo já está disponível nas lojas para download. Pôde-se observar também nos testes que praticamente nenhum visitante conhecia esse tipo de tecnologia ou tinha visto um QR Code antes, o que deixa a dúvida se a aplicação seria de fato aceita no mercado pela população.

Em entrevista, o secretário executivo do Fórum Clóvis Beviláqua aprovou a ideia, acrescentando que seria de grande utilidade para a organização ter um aplicativo como esse. O mesmo ainda disse que outras soluções já foram propostas, mas este protótipo foi o que mais se aproximou da solução pretendida pela organização.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Pelo presente trabalho mostramos que criar uma ferramenta offline de navegação indoor, sem o uso do GPS, não é uma tarefa de difícil execução, porém devemos ressaltar que foram encontradas dificuldades na adaptação das plataformas Mapbox e OSM, para serem utilizadas em ambientes *indoor*; A obtenção e adaptação das plantas arquitetônicas dos espaços de estudo para serem utilizadas no protótipo, uma vez que foi necessário a conversão das plantas para o modelo de planta baixa para facilitar a sua visualização por parte dos usuários; E obter as permissões para utilizar e espalhar os QR Codes nos espaços de estudo, onde teve-se que entrar em contato com a diretoria de cada estabelecimento para pedir tal permissão.

Percebemos que não existem aplicações comerciais voltadas para esse público, fazendo que muitas pessoas se percam e acabem perdendo tempo tentando encontrar destinos por meio de rotas mentais e letreiros que podem estar desatualizados.

Os testes realizados com o protótipo obtiveram resultados satisfatórios e esperamos que incentivem outros trabalhos e aplicações, uma vez que o protótipo desenvolvido resolveu satisfatoriamente a problemática proposta, porém ainda resta muitas funcionalidades que podem ser exploradas em versões futuras, tais como: disponibilizar as instruções de navegação para o usuário, onde será mostrada na tela

para onde o usuário deve seguir para chegar ao seu destino, semelhante a um software GPS; disponibilizar a união entre navegação outdoor e indoor; substituição do método de aquisição da localização do usuário (Beacons Bluetooth ou WIFI), onde a principal vantagem será o rastreamento contínuo da posição atual do usuário, que não necessitaria capturar outros QR Codes para atualizar a sua localização; inserção da realidade aumentada e/ou imagens em 360°; inclusão de recursos de acessibilidade para pessoas com deficiência visual e/ou física, como navegação guiada por voz; marketing geolocalizado, escoamento de pessoas para saídas mais próximas em casos de emergência, guardar e localizar veículos em estacionamentos, etc.

6. Referências Bibliográficas

- Android. (2018) <https://developer.android.com/studio/?hl=pt-br>.
- Amazon. (2018) <https://aws.amazon.com/pt/what-is-aws>.
- JSON. (2018) <http://json.org/index.html>.
- Kim, N.H. Lim, H. Jo e H. J. Lee. (2010) “Online Banking Authentication System using Mobile-OTP with QR-code,” em: 5th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology (ICCIT).
- Küpper, A. (2005) “Location-Based Services: Fundamentals and Operation. John Wiley and Sons”.
- Lei Fang, P. J. A., Montestruque, L., McMickell, M. B., Lemmon, M., Sun, Y., Fang, H., Koutroulis, I., Haenggi, M., Xie, M., and Xie, X. (2005). Design of a wireless assisted pedestrian dead reckoning system - the navmote experience.
- Nossum, A. S. (2013). “Developing a Framework for Describing and Comparing Indoor Maps”, *The Cartographic Journal*, 50(3):218–224.
- OGC, Li, K.-J., Lee, J., Kolbe, T. H., Zlatanova, S., Morley, J., Nagel, C., and Becker, T. (2014). “Open Geospatial Consortium Indoor GML. Technical report”.
- Pratama, A. R., Widyawan, W., and Hidayat, R. (2012). “Smartphone-based pedestrian dead reckoning as an indoor positioning system”.
- PEREIRA, Celso Almeida. (2016) “Sistema De Navegação Para O Interior De Edifícios”, em: Dissertação de Mestrado em Engenharia Informática.
- SAROT, R. V. (2015) “Avaliação de mapas indoor para dispositivos móveis para auxílio à tarefa de orientação”, em: Dissertação de Mestrado PPGCG, 135p, Curitiba.
- W3. (2018) <http://www.w3.org/XML/>.
- Zlatanova, S., Sithole, G., Nakagawa, M., and Zhu, Q. (2013) “Problems in indoor mapping and modelling”, em: In International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, volume 40.
- Vazquez, C., SIMÕES, G. (2016) “Engenharia de Requisitos: Software Orientado ao Negócio” em: [S.l.]: Brasport.
- FARIAS, P. P. S., DELAZARI, L. S. (2017) “Cálculo De Rotas Com O Algoritmo Do Caminho Mais Curto” Em: Ambientes Indoor.
- SIMÕES, D. M. (2015) “Navegação indoor baseada na rede WiFi como suporte a serviços baseados na localização: Estudo de caso no campus da UL”.