



Sistemas de Navegação Indoor Não Adaptativos: Conceitos e Desafios para sua Implementação

Non-adaptive Indoor Navigation Systems: Concepts and Challenges for Implementation

Amanda Pereira Antunes ¹, Luciene Stamato Delazari ², Marciano da Costa Lima ³ e Niédja Sodré de Araújo ⁴

¹ Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Gradua o em Ciências Geodésicas, Curitiba, Brasil.
amandapereiraantunes@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9458-1368>

² Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Gradua o em Ciências Geodésicas, Curitiba, Brasil. luciene@ufpr.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0018-085X>

³ Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Gradua o em Ciências Geodésicas, Curitiba, Brasil.

marcianodacostalima@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9570-055X>

⁴ Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Gradua o em Ciências Geodésicas, Curitiba, Brasil. niedja.geo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9578-9600>

Recebido: 05.2021 | Aceito: 11.2022

Resumo: Um sistema de navega o   projetado para auxiliar os usuários em tarefas de navega o em áreas *outdoor* ou *indoor*. Os sistemas beneficiam os pedestres, pois reduzem o esforço cognitivo empregado ao navegar, ao auxiliar na localiza o, na orienta o do usuário e no planejamento da rota. Existem variadas aplica es voltadas para a navega o em ambientes *indoor* em shoppings, museus, aeroportos e bibliotecas. Em ambientes *indoor* as pessoas perdem a orienta o mais facilmente do que ao ar livre, por isso, os sistemas de navega o *indoor* são projetados para atender essa necessidade. Sendo assim, ao desenvolver um sistema de navega o *indoor*, diferentes aspectos têm que ser considerados, como o posicionamento, a apresenta o de rota e se há compreensão dos elementos apresentados, entre outras características. Um sistema de navega o *indoor* ideal deve possuir a funcionalidade de determinar a posi o do usuário ao longo do trajeto, quando o sistema não permite essa funcionalidade ele   dito não adaptativo. Porém, considerando as limita es existentes para gerar um sistema ideal, este estudo apresenta quais elementos dentre recursos e ferramentas, podem ser empregados em um sistema não adaptativo, visando facilitar a navega o e demandar menos aten o do usuário. Assim, neste artigo, são apresentados os principais aspectos necessários para um sistema de navega o *indoor* não adaptativo, como: recursos cognitivos e tecnológicos, a informa o posicional, a representa o do ambiente, os pontos de referência e o traçado das rotas, descri es de rota e comandos de voz. Sendo assim, espera-se construir um arcabouço teórico sobre os aspectos que aprimoram a orienta o dos navegadores e o mapeamento cognitivo em ambientes *indoor*.

Palavras-chave: Sistema de navega o. Ambientes *indoor*. Posicionamento.

Abstract: A navigation system is designed to assist users in navigating outdoors or indoors. Passenger transport systems because the system use auxiliary work for navigation, in user guidance and route planning effort for navigation and user planning. There are many libraries to visit indoor environments in malls, museums, airports and airports. Indoors as orientation easier for people than outdoors, support systems for indoor need are implemented for this. Therefore, when developing an indoor navigation system, different aspects have to be considered, such as positioning, route presentation and understanding the elements presented, among other characteristics. An indoor navigation system should have a position finding functionality, when it does not allow this functionality it is said to be non-adaptive. However, considering the existing limitations to generate an ideal system, this study presents which elements among resources and tools can be used in a non-adaptive system, aiming to facilitate navigation and demand less attention from the user. Thus, in this article, the main representation resources for indoor environments, a command selection system, a reference environment and the tracing of routes, a system for configuring rotations and voice routes are elaborated. Therefore, it is expected to build a theoretical framework on aspects that improve browser orientation and cognitive mapping in indoor environments.

Keywords: Navigation system. Indoor environments. Positioning.

1 INTRODUÇÃO

Transitar em ambientes *indoor* é uma atividade comum que faz parte do nosso cotidiano, porém navegar por ambientes desconhecidos é uma ação cognitiva complexa e desafiadora, que exige que o pedestre tenha conhecimento a respeito de sua localização, mantenha a orientação correta ao se deslocar para um destino e não se perca durante o trajeto. Quando a pessoa encontra seu caminho dentro de um edifício usando os recursos disponíveis, como um sistema de navegação por exemplo, ela chega ao destino desejado o mais rápido possível, com o mínimo de confusão e desorientação. Ao facilitar o processo de navegação, tornando-o mais rápido e eficiente, situações específicas são beneficiadas, como em uma evacuação de emergência (FARR et al., 2012).

Porém, as pessoas geralmente não possuem a mesma habilidade, estratégia ou experiência. Sendo assim, diferentes usuários podem encontrar diferentes tipos de dificuldade ao navegar. São pelo menos três fatores que contribuem para que as pessoas se percam em ambientes *indoor*: a estrutura espacial do edifício, os mapas cognitivos que os usuários constroem enquanto navegam e as estratégias e habilidades espaciais dos usuários (CARLSON et al., 2010).

Existem diversos tipos de sistemas de navegação *indoor*, os quais podem ser baseados em mapas, e estes são o foco desse artigo; os sistemas também podem ser baseados em realidade aumentada, como o desenvolvido por Teli et al. (2022), que desenvolveram um sistema que emprega realidade aumentada para ajudar o usuário a se posicionar e navegar no ambiente *indoor*. Neste caso, o sistema estabelece o caminho mais curto até o destino desejado e indica o caminho a ser percorrido usando elementos de realidade aumentada, com setas orientando as direções que devem ser seguidas. Há também sistemas de navegação por voz, como o sistema desenvolvido por Doush et al. (2016), que fornece instruções passo a passo através de comandos de voz, indicando o caminho menos perigoso para os usuários cegos através de um smartphone, minimizando a carga cognitiva na memória de curto prazo.

Os sistemas de navegação são ferramentas que dão suporte às tarefas de navegação. Sempre que tais sistemas auxiliam na auto-localização e no planejamento da rota, eles reduzem o esforço realizado pelo usuário para navegar. Entretanto, ao utilizar o sistema, o usuário pode se concentrar no sistema ou em outras tarefas além da navegação, degradando assim a aquisição de conhecimento espacial. Muito pouco se sabe sobre como projetar sistemas de navegação para pedestres de forma que aumente o desempenho de navegação, além da aquisição de conhecimento espacial (BRÜGGER; RICHTER; FABRIKANT, 2019)

Em ambientes *indoor* e *outdoor*, os sistemas de navegação que apresentam mapas de rotas podem ser utilizados de duas maneiras distintas: para fins de planejamento ao serem utilizados antes de se iniciar o percurso, ou durante a realização do trajeto. No segundo caso a atenção do usuário acaba sendo dividida entre várias tarefas, como se deslocar, relacionar o ambiente com a representação do local, seguir as instruções e acompanhar a rota traçada. Portanto, os mapas devem apresentar informações de maneira clara e de fácil leitura, além de apresentarem um formato conveniente para manipulação (AGRAWALA; STOLTE, 2001).

Quando se trata de sistemas de navegação *indoor* ainda existem algumas limitações em relação à representação do espaço *indoor*, à precisão do posicionamento e sua confiabilidade. Os serviços de navegação *indoor* baseados em smartphones são extremamente necessários em ambientes internos. No entanto, a adoção desses sistemas tem sido relativamente lenta, devido à falta de mapas internos detalhados e atualizados, ou devido aos altos custos de implantação e manutenção de soluções de localização interna baseadas em infraestrutura (DONG et al. 2019; JEAMWATTHANACHAI; WALD; WILLS, 2016). Em geral, os sistemas de navegação *indoor* utilizam a informação de posicionamento como parâmetro de contexto para fornecer serviços e informações para os usuários (PUIKKONEN et al., 2009). Porém, alguns sistemas não contam com uma tecnologia que permita determinar a posição do usuário constantemente dentro do ambiente. Quando o sistema não é capaz de se adaptar ao contexto automaticamente ele é considerado um sistema não adaptativo. Antunes e Delazari (2019) desenvolveram um sistema não adaptativo que apresenta a posição do usuário apenas no momento que a pessoa faz o reconhecimento de etiquetas *QR-Code*, implantadas em pontos de referência do ambiente. Apesar do sistema ajudar os usuários a se localizarem, as autoras constaram que os participantes despendiam maior tempo no local tentando relacionar o mapa com o ambiente para certificar sua

posição durante o trajeto, devido à ausência de informação posicional constante. Assim como o sistema anteriormente ilustrado, Ozdenizci, Coskun e Ok (2015) desenvolveram um sistema amigável e de baixo custo que utiliza também uma forma de posicionamento passivo, empregando tags *Near Field Communication* (NFC) que permitem a troca de informações sem fio entre dispositivos compatíveis que estejam próximos um do outro. Basicamente, o dispositivo móvel coleta a posição instantânea do usuário a partir das tags NFC que estão dispostas no ambiente.

Um sistema é considerado adaptativo quando ele se adapta ao contexto, ou seja, quando o sistema é capaz de reconhecer e se adequar aos ambientes que em geral são altamente dinâmicos (GARTNER et al., 2009). Portanto, esse seria um sistema de navegação móvel ideal, pois se adapta conforme o usuário se desloca pelo ambiente e gera instruções de navegação que são facilmente entendidas, ou fornece mais informações sobre seu ambiente atual para que ele possa identificar locais ou objetos no seu entorno. Além disso, um assistente móvel ideal deve ser capaz de localizar objetos arbitrários, que é uma pré-condição necessária para a geração de instruções navegacionais. Todas essas tarefas contam com alguns fundamentos espaciais, por exemplo, o estabelecimento de um quadro de referência, e a computação das relações espaciais (BAUSS; KRAY, 2002). Por exemplo, Dong et al. (2019) propõem o ViNav, um sistema que implementa o mapeamento *indoor*, localização e navegação com base em dados de sensores visuais e inerciais coletados de smartphones. Este sistema utiliza técnicas de *Structure from Motion* (SfM), que tem seu funcionamento baseado na estereoscopia fotogramétrica para reconstruir modelos 3D de ambientes *indoor* a partir de imagens fornecidas de forma colaborativa, além de localizar pontos de interesse (POI) em modelos 3D e compilar malhas de navegação para encontrar caminhos.

Considerando as limitações existentes para gerar um sistema adaptativo para ambientes *indoor*, principalmente aquelas relacionadas com as tecnologias de posicionamento, em que a precisão nem sempre é obtida, seja por alto custo de implantação, interferências externas e internas ou falhas em algoritmos (HIRASHIMA; MANHAS JR, 2022), parte-se da hipótese de que é possível propor um sistema não adaptativo, que seja capaz de facilitar a navegação e demandar menor atenção do usuário. Assim, o objetivo deste artigo é apresentar os aspectos necessários para um sistema de navegação *indoor* não adaptativo baseado em mapas, de forma a demandar menos atenção do usuário e facilitar a navegação.

Este estudo descreverá a importância dos elementos que envolvem um sistema de navegação *indoor* baseado em mapa: recursos cognitivos e tecnológicos, a informação posicional, a representação do ambiente, os pontos de referência e o traçado das rotas, descrições de rota e comandos de voz. Esses elementos citados são abordados nas próximas seções. Para compreender como esses elementos são empregados nos sistemas de navegação, artigos relacionados e sistemas de navegação não adaptativos que apresentam mapas e que estão disponíveis online foram analisados de forma remota, permitindo detectar elementos pertinentes apresentados aos usuários no âmbito da navegação e orientação.

Este artigo tem as seguintes limitações: serão apresentados e discutidos aspectos de representação destinados à sistemas de navegação. Embora sejam questões relevantes, os aspectos relativos à interface, bem como a interação do usuário com o sistema, não foram abordados nesta etapa da pesquisa.

2 RECURSOS TECNOLÓGICOS E COGNITIVOS

A evolução dos dispositivos móveis e o desenvolvimento de redes de alta velocidade sem fio têm possibilitado o desenvolvimento de aplicações cada vez mais complexas, como os sistemas de navegação. Apesar da evolução, mesmo os smartphones mais recentes têm algumas limitações quando comparados aos computadores desktop tradicionais. As principais diferenças e limitações estão relacionadas com poder de processamento, capacidades gráficas, o tamanho reduzido da tela e as diferenças de interação (POMBINHO; CARMO; AFONSO, 2015). A Figura 1 apresenta a diferença na interface de apresentação de uma aplicação, em um dispositivo desktop e móvel. Por exemplo, para que seja possível apresentar uma área grande na tela do dispositivo móvel, a informação precisa ser generalizada, ocasionando dificuldade de identificação de um objeto específico, como locais e pontos de referência no mapa (HARUN et al. 2009). Sendo assim, tudo o que é mostrado na tela tem que ser importante para o usuário e deve ser transmitido de forma que seja facilmente percebido.

Figura 1 – Sistema de navegação *desktop* e *mobile*.

Fonte: Os autores (2022).

É preciso considerar estas limitações ao se desenvolver um sistema de navegação móvel pois podem tornar os sistemas difíceis de projetar e usar, visto que as restrições de recursos e de interação impõem dificuldades para desenvolvedores e usuários desses aplicativos. Por isso, a usabilidade desses sistemas progressivamente mais complexos deve ser explorada com cuidado, uma vez que usuários inexperientes não adotarão esses serviços com entusiasmo se a complexidade da interação e suas restrições não são removidas (POMBINHO; CARMO; AFONSO, 2015).

Segundo Coors et al. (2005), para projetar um sistema que será visualizado em dispositivos móveis e que possua uma apresentação eficiente, é necessário adaptá-la a fatores situacionais, como os recursos disponíveis no momento ou a qualidade das informações posicionais disponíveis. Sendo assim, dois tipos de recursos possuem relevância, os recursos cognitivos e os recursos tecnológicos.

Os recursos cognitivos estão relacionados com o usuário do sistema e afetam a maneira como as informações devem ser apresentadas, pois as suas ações influenciam a memória e a atenção empregada ao usar o sistema e podem ser severamente limitadas, por exemplo, quando um usuário executa mais de uma tarefa simultaneamente. (AGRAWALA; STOLTE, 2001). Os recursos tecnológicos estão relacionados com o dispositivo móvel empregado e incluem fatores como velocidade de transmissão de dados, largura de banda, tamanho e resolução da tela. Os recursos tecnológicos citados são especialmente importantes pois influenciam a velocidade do processo de geração das informações espaciais, e podem limitar a apresentação em termos de complexidade e escolha da mídia, além de afetar a transmissão de dados.

Uma abordagem para lidar com esses problemas é adaptar a visualização ao contexto do usuário, onde esse é usado para diminuir as restrições impostas pelas pequenas telas dos dispositivos móveis e adequar a visualização. Aplicações que são adaptadas para o contexto do usuário são especialmente relevantes, pois melhoram a usabilidade de tarefas de visualização de informação em dispositivos móveis com uma tela pequena, e reduzem a carga cognitiva inerente aos cenários móveis (POMBINHO; CARMO; AFONSO, 2015). Por exemplo, em um sistema de navegação *indoor* os pedestres precisam de referências semânticas, que servem como meio de ligação entre o mapa e o mundo real, portanto dicas geométricas através de instruções *turn-by-turn*, que indicam o passo a passo a ser seguido, ou valores de distância são menos úteis para orientação de pedestres do que para motoristas que utilizam sistemas de navegação (LORENZ et al., 2013a).

Portanto, ao desenvolver um sistema que seja robusto é preciso avaliar os recursos tecnológicos e cognitivos, juntamente com a disponibilização de informações que sejam importantes para o usuário, como a informação da sua posição e as informações espaciais. Assim, entende-se aqui que o sistema é composto pela sua interface e pelos dados ali apresentados, na forma de mapas. Mas, para que o sistema seja robusto é preciso fornecer meios para lidar com situações específicas como a ausência de informações posicionais, ou quando o sensor responsável por tal informação apresenta um resultado impreciso ou quando não há uma leitura pelo sensor e nenhuma informação posicional é apresentada (COORS et al., 2005).

2.1 Informação Posicional

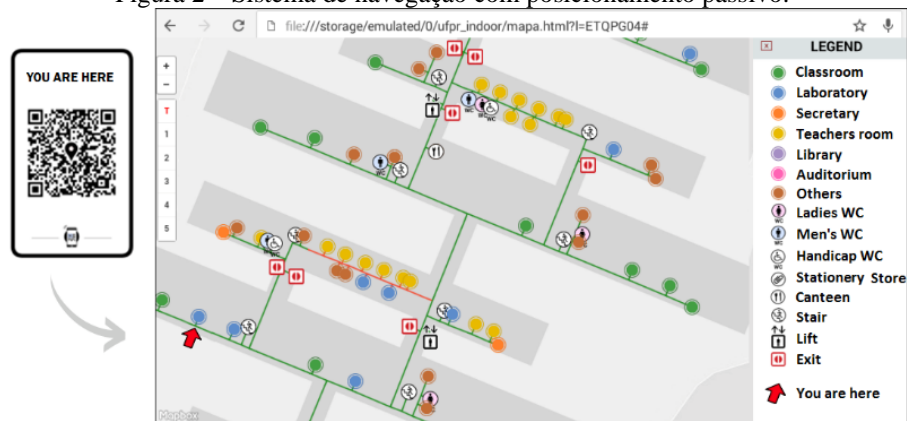
A tarefa de explorar áreas desconhecidas torna-se mais eficiente quando informações sobre o posicionamento do usuário são mostradas do que quando nenhum tipo de informação está disponível (POMBINHO; AFONSO; CARMO, 2011). Tais informações podem incluir a identificação da localização em um espaço através de coordenadas (x, y) quando se trata de uma abordagem bidimensional ou (x, y, z) no espaço 3D. Outras abordagens possíveis para identificar a localização no espaço *indoor* são através de sistemas de referência espacial que são relativos ou que usem identificadores simbólicos (por exemplo, número do ambiente) (LI et al., 2019).

De acordo com Bauss e Kray (2002), quando se trata de informação posicional podem ser encontrados quatro tipos distintos:

- Informações precisas: são as informações fornecidas pelos sensores que possuem precisão suficiente para que o usuário possa resolver a tarefa de navegar diretamente sem que nenhum trabalho adicional seja necessário;
- Informações imprecisas: são as informações de posicionamento que estão disponíveis apenas em um nível de qualidade que é insuficiente para atender à tarefa atual. No entanto, existe a possibilidade de aumentar a precisão dos dados medidos, ao empregar *dead reckoning*, que é um processo para calcular a posição atual de algum objeto em movimento usando uma posição previamente determinada, o que permite ter uma estimativa da rota atual, baseada em informações de velocidade e posição conhecidas anteriormente. Também é possível adaptar a tarefa para trabalhar com as informações disponíveis, por exemplo, ao usar informações posicionais computacionais mais grosseiras;
- Nenhuma informação: é quando não há informação posicional disponível, seja pela ausência de sensores ou por mau funcionamento, impossibilitando a obtenção do posicionamento. Neste caso, a tarefa não pode ser executada sem a aplicação de mecanismos de raciocínio para inferir informações posicionais ou para adaptar a tarefa, o que a torna mais difícil do que quando há informações imprecisas;
- Informação falsa: apresentada quando os sensores ou dispositivos retornam informações falsas, por exemplo quando bússolas eletrônicas estão perto de grandes estruturas metálicas. A tarefa em questão pode falhar caso não seja notado que a informação adquirida é uma informação falsa, porém se for detectado, esse caso equivale ao item anterior e caracteriza falta de informação.

Portanto, quando há informação posicional é preciso analisar a sua qualidade e, em caso da sua ausência, pensar em formas de mitigar os problemas ocasionados por sua falta. É preciso determinar como o sistema deve se comportar quando a posição do usuário não é disponibilizada constantemente em sistemas que não são adaptáveis. Por exemplo, ao usar um sistema de posicionamento passivo baseado *QR-Code* (Figura 2) como apresentado no trabalho de Antunes e Delazari (2019). Nessa solução somente a informação momentânea do usuário é apresentada ao ler o código que está fixado em pontos de referência do ambiente, mas a partir do momento que o usuário começa a se deslocar em direção ao seu destino, o sistema não atualiza a posição e o usuário é responsável por relacionar o mapa com o ambiente ao navegar pelo edifício em busca do local desejado.

Figura 2 – Sistema de navegação com posicionamento passivo.



Fonte: Antunes e Delazari (2019).

Portanto, a informação posicional afeta a capacidade de navegação em ambientes *indoor*, sendo que a noção de informação posicional não inclui apenas a localização absoluta ou relativa do usuário, mas também a direção de visualização e orientação do corpo e rumo, que podem ser empregados para auxiliar o usuário a se localizar (COORS et al., 2005; BAUSS; KRAY, 2002). Pois, em muitos casos, um sistema precisa conhecer esses fatores para fornecer serviços ao usuário que são adaptados à sua posição atual. As direções da rota, por exemplo, geralmente incluem instruções de rotação, que dependem de uma direção de referência (ou seja, a direção de visualização, orientação do corpo ou direção) (COORS et al., 2005).

Hoje em dia, os dispositivos móveis são amplamente usados como auxiliares de navegação, por exemplo, para navegação por automóvel. Sua maior vantagem é a capacidade de posicionamento de forma automática e constante. De acordo com Kunhoth et al. (2020), em ambientes *indoor* o custo de implementação de ferramentas de posicionamento pode ser uma barreira para a aplicação de alguns sistemas em cenários do mundo real.

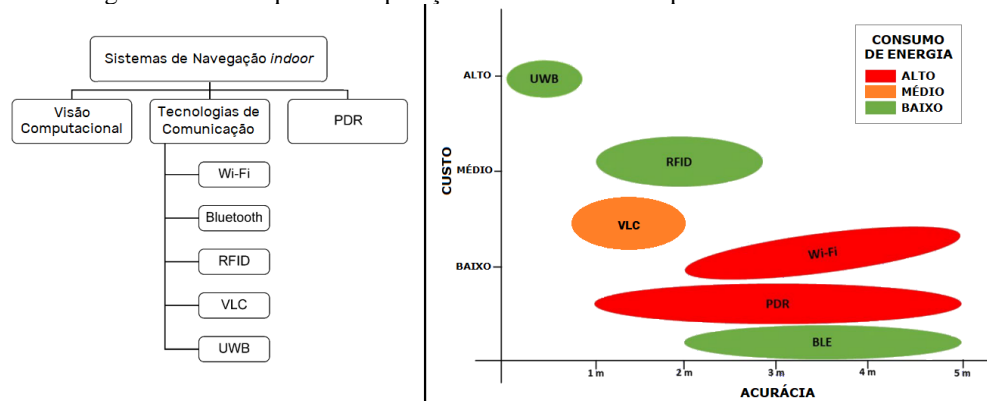
Kunhoth et al. (2020), apontam que os sistemas de navegação *indoor* podem ter o posicionamento determinado por visão computacional, *pedestrian dead reckoning* (PDR) que é uma navegação estimada do pedestre ou através de tecnologias de comunicação. Sistemas baseados em visão computacional empregam câmeras omnidirecionais, câmeras 3D ou câmeras embutidas de smartphones para extrair informações sobre ambientes internos. A navegação estimada de pedestre, estima a posição do usuário com base em posições anteriores, utilizando dados de acelerômetros, giroscópios, magnetômetros etc. Como exemplos de tecnologias de comunicação tem-se:

- a) **Radio frequency identification (RFID):** Os sistemas de identificação por rádio frequência consistem em um Leitor RFID e etiquetas RFID anexadas aos objetos, que podem ser ativas ou passivas (quando é necessária uma fonte de alimentação externa e quando não é, respectivamente);
- b) **Wi-Fi:** Usam impressão digital *Really Simple Syndication* (RSS), que é a intensidade do sinal recebido, ou métodos de triangulação ou trilateração para posicionamento, utilizando os pontos de Wi-Fi existentes nos edifícios;
- c) **Visible Light Communication (VLC):** Sistemas baseados em comunicação de luz visível utilizam as lâmpadas fluorescentes ou LED existentes dentro de edifícios, a luz emitida pelas lâmpadas é detectada usando câmeras de smartphones ou um fotodetector independente;
- d) **Bluetooth:** Os sistemas baseados em Bluetooth usam dispositivos *Bluetooth Low Energy* (BLE), ou seja, *bluetooth* de baixa energia como fonte de sinais radiofrequência para rastrear as posições dos usuários usando abordagens de detecção de proximidade ou impressão digital *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), que é o indicador de intensidade do sinal recebido;
- e) **Ultra Wide Band (UWB) / Banda Ultralarga:** utilizam RSS, *angle of arrival* (AOA) que é o ângulo de chegada, *time of arrival* (TOA) que é o tempo de chegada e o *time difference of arrival* (TDOA) diferença de tempo de chegada do sinal para estimativa de posição.

De acordo com Ozdeniczi, Coskun e Ok (2015) a informação de posicionamento *indoor* pode ser obtida através de diferentes sistemas de posicionamento e eles são classificados e abordados na literatura de acordo com as características de sua estrutura. Um exemplo de classificação é em relação a forma de obtenção

da informação posicional, que pode ser ativa ou passiva. Como exemplos de posicionamentos ativos temos: Sensores, Infravermelho, Ultrassom, UWB, Bluetooth, Ativo RFID e posicionamentos passivos: *QR-Codes*, RFID passivo, NFC.

Figura 3 – Hierarquia e comparação de ferramentas de posicionamento *indoor*.



Fonte: Adaptado de Kunhoth et al. (2020).

Portanto, cada sistema de posicionamento apresenta vantagens e desvantagens, como por exemplo, diferentes acurácias. A Figura 3 apresenta uma comparação de várias tecnologias de posicionamento *indoor* em termos de precisão, custo de implementação e consumo de energia, além da classificação hierárquica. Dentre as tecnologias apresentadas, o *bluetooth* possui um baixo custo de implementação e baixo consumo de energia, porém sua acurácia é baixa. Em contrapartida, a tecnologia UWB possui a melhor acurácia dentre todos, mas seu custo é o mais elevado.

2.2 Representação

Os ambientes *indoor* podem ser abordados com diferentes estratégias de representação e visualização, como desenhos arquitetônicos, mapas planta baixa, mapas esquemáticos, representações 3D, realidade aumentada e virtual. Sendo que cada uma das representações tem suas vantagens e desvantagens, portanto não há consenso sobre qual a melhor forma de se representar o ambiente (ANTUNES, 2016). Em geral, as pesquisas de mapeamento *indoor* se concentram mais em sistemas de posicionamento e menos nas possibilidades de representações dos ambientes. Porém, a representação é um fator muito importante, pois influencia diretamente o usuário ao auxiliar no processo de orientação e navegação no ambiente (SAROT; DELAZARI, 2018).

Os mapas de ambientes *indoor* para navegação devem ser projetados de forma a evidenciar as informações de uma rota junto com informações relevantes do contexto, como pontos de referência e anotações. A principal diferença entre mapas de ambientes *indoor* e externos é a estrutura e a disposição dos espaços do ambiente *indoor*, pois estes podem conter vários andares, portanto podem não ser apresentados em um único plano bidimensional. Outro aspecto que influencia a navegação é a dificuldade de compreensão da configuração espacial interna, ocasionada pelo campo de visão restrito devido a existência de elementos sólidos como portas e paredes o que gera uma demanda por mais informações e pistas locais como sinalizações (LORENZ et al., 2013b).

O projeto dos mapas envolve o processo de generalização do ambiente físico, a partir da representação dos seus elementos naturais, culturais e suas características através do emprego de simbologia adequada (SAROT; DELAZARI, 2020). Porém, a segmentação do espaço necessária para adequar a representação ao tamanho reduzido da tela dos dispositivos móveis pode afetar negativamente o usuário, ao influenciar a orientação e a compreensão espacial (LORENZ et al., 2013a).

A cartografia *indoor* também deve levar em consideração os requisitos de orientação e visão geral do usuário, bem como questões relacionadas aos sistemas de navegação *indoor* para ser eficiente (SAROT; DELAZARI, 2018). E deve seguir requisitos cartográficos específicos, como clareza, compreensão, rapidez e

conveniência (LORENZ et al., 2013a).

A capacidade de navegação *indoor* depende de dois componentes principais que precisam ser levados em consideração, pois fornecem informações complementares ao sistema. O primeiro componente consiste dos objetos, que podem ser móveis, obstáculos ou barreiras que impedem a navegação no interior de um edifício. O segundo componente é a informação sobre os edifícios, por exemplo informações gerais, plantas baixas, *wayfinding*, que é um conjunto de pistas composto por elementos visuais, auditivos, táteis que permitem que o usuário se oriente, exposições, eventos e informações externas (Figura 4). A informação espacial interna é a mais importante em termos de promoção da navegação *indoor*, pois beneficia quem procura informações ao navegar em espaços públicos e edifícios (hospitais, aeroportos, universidades, lojas de departamento). Portanto para promover a navegação *indoor*, é preciso entender quais informações essenciais devem ser incluídas nos dados da representação do ambiente para cobrir todos os problemas e desafios (JEAMWATTHANACHAI et al., 2016).

Figura 4 – Sistema de navegação *indoor*.

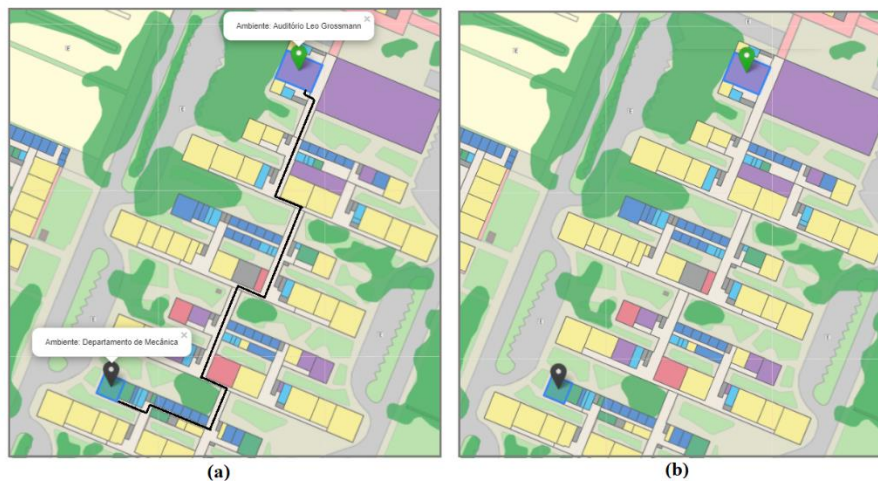


Fonte: Gotlib, Wyszomirski e Gnat (2020).

Um desafio na geração de mapas consiste na produção de informações geográficas que possam ser decodificadas adequadamente pelo usuário, por isso é importante incluir informações e elementos que possibilitem ao usuário combiná-lo com o ambiente real, porém sem sobrecarregá-lo com o excesso de informações. Outro elemento que pode auxiliar o usuário é a representação gráfica da instrução de rota destacando o caminho a ser percorrido, que deve conter informações pertinentes como os nomes dos locais relevantes para as instruções de navegação como início e destino da rota (Figura 5). É necessário incluir informações sobre pontos de referência caso nenhuma informação sobre a orientação do usuário estiver disponível (COORS et al., 2005).

A navegação por ambientes que possuem mais de um andar demanda mais atenção dos usuários, ainda mais quando não há informação posicional, portanto também é preciso pensar nesse tipo de representação. Apresentação amigável de muitos andares em um único edifício é uma questão muito difícil e atípica na experiência cartográfica. O processo é ainda mais complicado quando existem salas que abrangem mais de um andar simultaneamente, os chamados portais, pátios internos, átrios, escadas, conectores ou terraços. Isso abre uma variedade de questões relacionadas não apenas a representação 2D, mas também a geovisualização 3D (GOTLIB; MARCINIAK, 2012).

Figura 5 – (a) Representação gráfica da rota, com rótulo de início e destino (b) Ausência de rota e rótulos.



Fonte: Os autores (2022).

Existem pesquisas voltadas para a representação de ambientes *indoor* e definição de simbologia como a elaborada por Sarot e Delazari (2020) que avaliam simbologia gráfica específica para representação de elementos pertencentes ao ambiente *indoor*, de forma a minimizar problemas relacionados à orientação espacial do usuário decorrentes do uso de simbologia não adequada para tais ambientes. A simbologia adotada nas representações *indoor*, quando diretamente relacionadas às atividades desenvolvidas no ambiente físico em que se encontram, demonstram influência direta no processo de orientação e navegação espacial. A pesquisa realizada por Antunes et al. (2021) buscou compreender a percepção de usuários em relação a representações esquemáticas de ambientes *indoor*, projetadas com a simbologia pictórica combinada com simbologia geométrica, e apontou que o emprego de simbologias distintas cria diferentes níveis visuais, destacando os elementos do ambiente que são utilizados como pontos de referência pelo usuário.

Outro elemento presente em um sistema de navegação e que merece atenção na representação é o ponto de referência. De acordo com Fang et al. (2020), um ponto de referência é uma área ou objeto fixo específico em um mapa, que desempenha um papel importante para o usuário ao auxiliar no processo de descoberta de rotas e da compreensão do ambiente. Esses elementos servem como um guia de caminho ou uma identificação posicional, podem ajudar as pessoas a construir representações dos arredores, ou melhorar sua confiança nas decisões de busca de caminhos. E uma rota é uma apresentação topológica de um mapa *indoor*, a representação da rota pode reduzir a carga cognitiva de usuários, auxiliá-los a entender o mapa e melhorar sua eficiência de navegação.

Pontos de referência e rotas são dois tipos de informações relacionadas à navegação que podem ser incluídas nos mapas, e ambos têm impactos importantes para garantir decisões corretas na descoberta de um trajeto no ambiente *indoor*. Os pontos de referência mostram as informações espaciais de objetos reais, enquanto as rotas simplificam a navegação com informações que os usuários do mapa precisam compreender. No entanto, a utilização desses elementos deve ser realizada de forma adequada, evitando sempre o excesso de informações (FANG et al., 2020). Isso porque o nível de equilíbrio e organização visual do símbolo varia em função da sua forma, localização e quantidade no mapa. E estes elementos podem influenciar o usuário durante o trajeto a ser percorrido, caso um símbolo gráfico seja mais perceptível do que os outros objetos representados (SAROT; DELAZARI, 2020). Os pontos de referência têm papel fundamental em tarefas de orientação e navegação, pois facilitam o processo de localização, orientação e navegação do usuário no ambiente *indoor*, permitindo que o usuário se certifique que está no caminho correto ao percorrer uma determinada rota, ao relacionar os pontos de referência encontrados no ambiente com os apresentados no mapa (ANTUNES et al., 2021).

As rotas e os pontos de referências estão diretamente ligados (Figura 6), pois apresentar a rota sem contexto dificultaria encontrar o caminho em um edifício. Portanto, o leitor precisa de um nível mínimo de informações de contexto para ligar o mapa à realidade. Para isso, ao desenvolver a representação é preciso determinar quais informações do contexto são realmente necessárias. O benefício dos marcos como dicas de orientação é inegável (LORENZ et al., 2013b).

Figura 6 – Rotas e pontos de referências.



Fonte: Favendo (2022).

Em relação a representação do trajeto, Martins (2020) aponta que é pertinente estudar com maior profundidade esse tema, por exemplo, a representação do trajeto a ser percorrido pode ser realizada através da atribuição de diferentes cores ou formatos para representar distintos andares ou ambientes, como *indoor* e *outdoor*. Outra indicação é o emprego de legenda, que se faz indispensável. Segundo Antunes (2016) os usuários de sistema de navegação sentem necessidade constante de olhar a legenda para compreender a simbologia e relacionar o ambiente com o mapa. Em dispositivos móveis é indicado apresentar a legenda no formato *pop-up*, ou seja, uma janela que se abre automaticamente mediante a uma ação do usuário e pode ser fechada para não obstruir o mapa. Esta janela poderia conter todas as explicações sobre as cores da rota, mudanças de andares, inclusive outras informações, como breves descrições dos prédios e fotos atualizadas dos prédios, contendo por exemplo, pontos estratégicos como fachadas, entradas e saídas (MARTINS, 2020).

Em resumo, os pontos de referências são cruciais na tomada de decisão dos usuários e permitem a relação do mapa com o ambiente, auxiliando na determinação do posicionamento, no deslocamento pelo ambiente e na orientação do usuário. A disponibilização do traçado de rota também traz vantagens ao usuário, pois permite que ele siga o caminho traçado e ao longo do trajeto possa conferir se encontrou os pontos de referência dispostos na rota. A complexidade da configuração dos ambientes acarreta a necessidade da representação das informações do ambiente *indoor* de forma que auxiliem o processo de orientação e navegação do usuário, com emprego da simbologia adequada, pois a representação tem papel fundamental no processo de orientação e navegação no ambiente, visto que influencia diretamente o usuário.

2.3 Descrição da Rota

A representação da rota é uma informação importante pois mostra os caminhos navegáveis no mapa *indoor*, permitindo que as pessoas saibam qual o melhor caminho ao planejar a rota (JEAMWATTHANACHAI et al., 2016). Além da representação da rota, é possível apresentar a sua descrição contendo direções, orientações e elementos do ambiente, para auxiliar a navegação. O emprego de instruções de orientação tem o potencial de diminuir a dependência do usuário em relação ao sistema de navegação, pois as instruções auxiliam na tomada de decisões espaciais sem suporte em ambientes complexos. É preciso levar em conta que as instruções de orientação se adaptam melhor à maneira como as pessoas se comunicam ao especificar um ambiente e tais instruções são mais significativas quando estão embutidas no contexto ambiental (KRUKAR; ANACTA; SCHWERING, 2020).

Puikkonen et al. (2009) sugerem o uso de informações relativas em instruções textuais em mapas. Por exemplo, informações relativas e absolutas podem descrever as relações verticais: "siga a grande escadaria do

1º andar para o 3º andar”. Neste exemplo, “você está no 1º andar, vá para o 3º andar” são duas instruções absolutas, uma instrução relativa seria dizer “ vá do 1º andar para o 3º andar” pois ela representa implicitamente a instrução para o usuário mover-se dois andares acima. Essa codificação textual de informações verticais parece compensar a representação limitada de estruturas verticais nos mapas 2D (LORENZ et al., 2013b).

A adequação da descrição da rota influencia fortemente a utilidade da aplicação e o conforto da sua utilização. Tal descrição deve ser semelhante à descrição que é dada por uma pessoa ao ser questionada sobre uma rota. Quando se trata de navegação *indoor*, uma descrição geral da rota baseada nos pontos de referência contendo informação sobre os andares (Quadro 1) é muito útil e auxilia o usuário chegar ao destino (GOTLIB; MARCINIAK, 2012).

O principal problema quando não há informação posicional é a atualização da descrição da rota, portanto ela deve ser apresentada de forma integral ou de forma fragmentada e sua atualização para o passo seguinte fica condicionada a interação do usuário com o sistema. Sendo assim, essa etapa deve ser planejada de forma cuidadosa, para que a descrição construída ajude a limitar a necessidade de interagir continuamente com os comandos de navegação, o que pode ser difícil em condições da vida real devido ao nível de complexidade da rota e da alta liberdade nos movimentos dos usuários, precisão de posicionamento relativamente baixa e alto nível de ruído no ambiente. As diretrizes de navegação devem referir-se às características de pontos fáceis de identificar como lugares bem reconhecidos e equipamento de construção, elevadores, escadas, números de portas, entre outros (GOTLIB; MARCINIAK, 2012).

Quadro 1 – Exemplo de descrição de rota.

Diretrizes	Comentários
Você está no nível ‘-2’ do subterrâneo área de estacionamento, seu destino está localizado no nível 3	A descrição geral de uma rota fornecida antes a navegação é iniciada
Prossiga para a Saída A	Referência a um ponto facilmente identificado
Pegue o elevador para o 3º andar	Diretriz explícita, independentemente da direção da saída A
Siga a galeria em direção ao restaurante McDonald's	Um comando que evita referências ambíguas como como ‘à direita’, ‘à esquerda’ após sair do elevador
Vire à esquerda atrás do restaurante McDonald's	Aqui, o termo 'esquerda' é explícito, pois a direção do movimento do usuário é conhecida
Chegou ao seu destino. O atendimento ao cliente da T-Mobile está à direita	A informação final

Fonte: Gotlib e Marciniak (2012).

É preciso apresentar a rota dentro de um contexto, pois sem isso se torna difícil encontrar o caminho dentro de um edifício. Nos mapas de navegação para pedestres a densidade de informações pode ser consideravelmente maior do que em aplicações automobilísticas por exemplo, por causa de maior capacidade de percepção por parte dos usuários, devido a velocidade de locomoção. Além disso os pedestres querem ser informados não apenas sobre sua atual posição, mas também sobre seus arredores (LORENZ et al., 2013a). Entretanto, a pesquisa de Keil et al. (2020) indica que a atenção do usuário em relação às representações de pontos de referência diminui gradualmente com o aumento da distância dos pontos em relação a rota.

O usuário precisa de um certo nível mínimo de informações de contexto para relacionar o mapa com o ambiente real. Mas o excesso de informações pode atrapalhar a compreensão do usuário, portanto, os cartógrafos precisam saber quais elementos, informações de contexto são realmente necessários. Por exemplo, é inegável o benefício dos marcos como dicas de orientação, pois esses elementos contrastam com o ambiente e, portanto, são facilmente lembrados. Porém, é preciso uma atribuição sensata de marcos para que eles sejam benéficos (Figura 7), ou seja, marcos somente são considerados úteis se a sua conexão com a rota for óbvia (LORENZ et al, 2013b). Uma opção para reduzir a quantidade de informações presentes no mapa é empregar diferentes apresentações do ambiente de acordo com a escala (Figura 8), pois a multi-escalabilidade de uma apresentação cartográfica impacta diretamente na usabilidade de um aplicativo de navegação (GOTLIB, 2019).

Figura 7 – Representação (a) Todos os ambientes (b) Apenas os marcos.



Fonte: TPA (2020).

Figura 8 – Generalização cartográfica varia de acordo com a escala.



Fonte: Gotlib (2019).

As descrições de rotas podem ser feitas por meio de comandos de voz, emitidos pelo sistema. Porém, é preciso que a emissão dos comandos de voz seja coerente com a mensagem gráfica apresentada. Apesar de existirem algoritmos apropriados e conhecidos para navegação ao ar livre, no caso de navegação *indoor*, é necessária uma pesquisa detalhada, pois o usuário se move dentro uma pequena área mudando frequentemente de direção, dividindo sua atenção, por exemplo, visitando uma exposição de arte, parando em um estande ou tentando passar por uma multidão de pessoas. As direções de rotação não devem se referir à posição do corpo, a menos que seja claro no contexto. Diretrizes como "virar à direita" podem ser informações ambíguas e confusas (GOTLIB; MARCINIAK, 2012). Quando não há informação posicional contínua os comandos de voz ficam dependentes do usuário sendo que ao seguir um comando e chegar ao local especificado pelo comando, o usuário deve interagir com o sistema solicitando novo comando, e assim sucessivamente até encontrar seu destino.

As descrições de rotas, sejam elas textuais ou através de comandos de voz, são úteis e ajudam os usuários desde que sejam empregadas de forma adequada, permitindo que o usuário consiga relacionar os elementos presentes nas descrições com o mapa apresentado e conseqüentemente com o ambiente onde ele está navegando. Mas, para que o usuário consiga identificar os elementos no mapa, é necessário que as técnicas

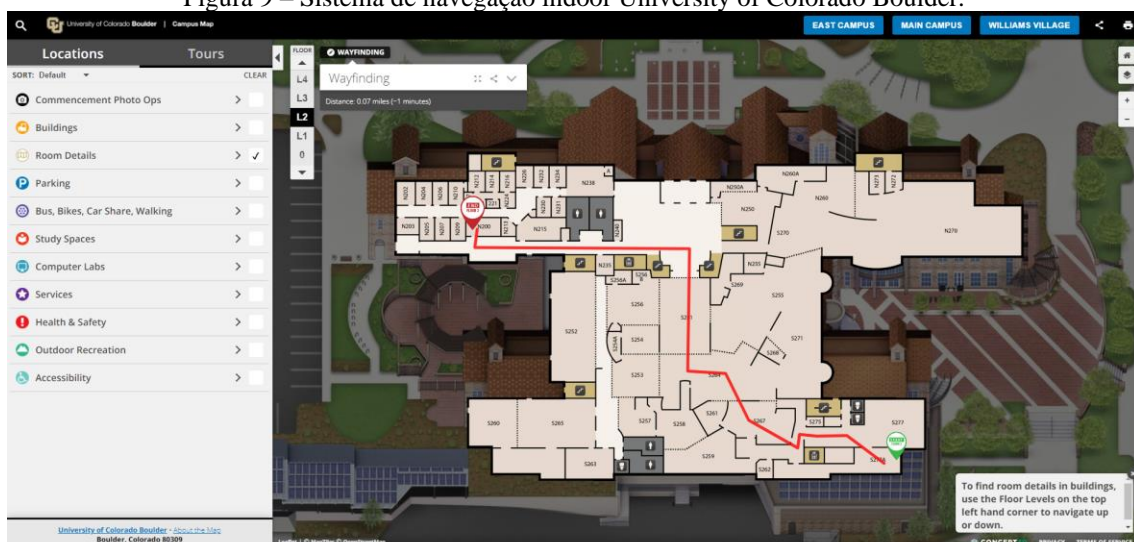
de cartografia sejam aplicadas, que o mapa não esteja sobrecarregado de informações e que a simbologia seja inteligível, facilitando assim a sua compreensão e leitura.

3 ANÁLISE DE SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO *INDOOR*

Para entender melhor os elementos descritos no item anterior, foram analisados alguns sistemas de navegação *indoor* não adaptativos existentes, visando compreender como a presença ou ausência destes elementos influencia na utilização do sistema. Os sistemas foram avaliados a partir de suas páginas disponíveis on-line e os seguintes elementos foram analisados: responsividade, representação utilizada, emprego de pontos de referência, traçado de rota, descrição de rota, comandos de voz, bem como elementos que possam dificultar a orientação do usuário foram apontados. A maioria dos sistemas encontrados disponíveis na internet e que são de acesso público, são sistemas de navegação desenvolvidos por universidades. Não foram incluídos sistemas nacionais, pois os encontrados não se adequavam na característica principal dessa análise, que são sistemas de navegação *indoor* não adaptativos, baseados em mapas.

A *University of Colorado Boulder* é uma universidade pública situada em Boulder, no estado do Colorado, nos Estados Unidos (CU BOLDER, 2020). Essa Universidade disponibiliza em seu site www.colorado.edu/map/ um sistema de navegação (Figura 9) que apresenta um mapa do campus e permite que o usuário possa escolher as informações a serem visualizadas através de diferentes categorias como: os espaços de estudo, os estacionamentos e os laboratórios. A possibilidade de ver elementos alternadamente auxilia para que não haja excesso de informações e dificulte a compreensão do local. É possível visualizar a parte *outdoor* e *indoor* das edificações, sendo a representação dividida por andares; os pontos de referência possuem uma simbologia específica e recebem mais destaque o que facilita na correlação entre representação e ambiente real, além disso, os corredores são representados com uma cor distinta dos ambientes o que facilita a compreensão do mapa e identificação das áreas navegáveis. As portas também são apresentadas indicando onde é possível ir de uma sala para outra. O sistema também permite traçar uma rota entre os ambientes arrastando os marcadores de localização ou digitando no campo de busca, sendo que os marcadores em cores diferentes indicam a origem e o destino. As abas de informação são no estilo *pop-up* e economizam espaço na tela. O trajeto da rota é traçado na representação, e embora não haja descrição de rota, é indicado um tempo estimado do trajeto a ser percorrido. Não há legenda.

Figura 9 – Sistema de navegação indoor University of Colorado Boulder.



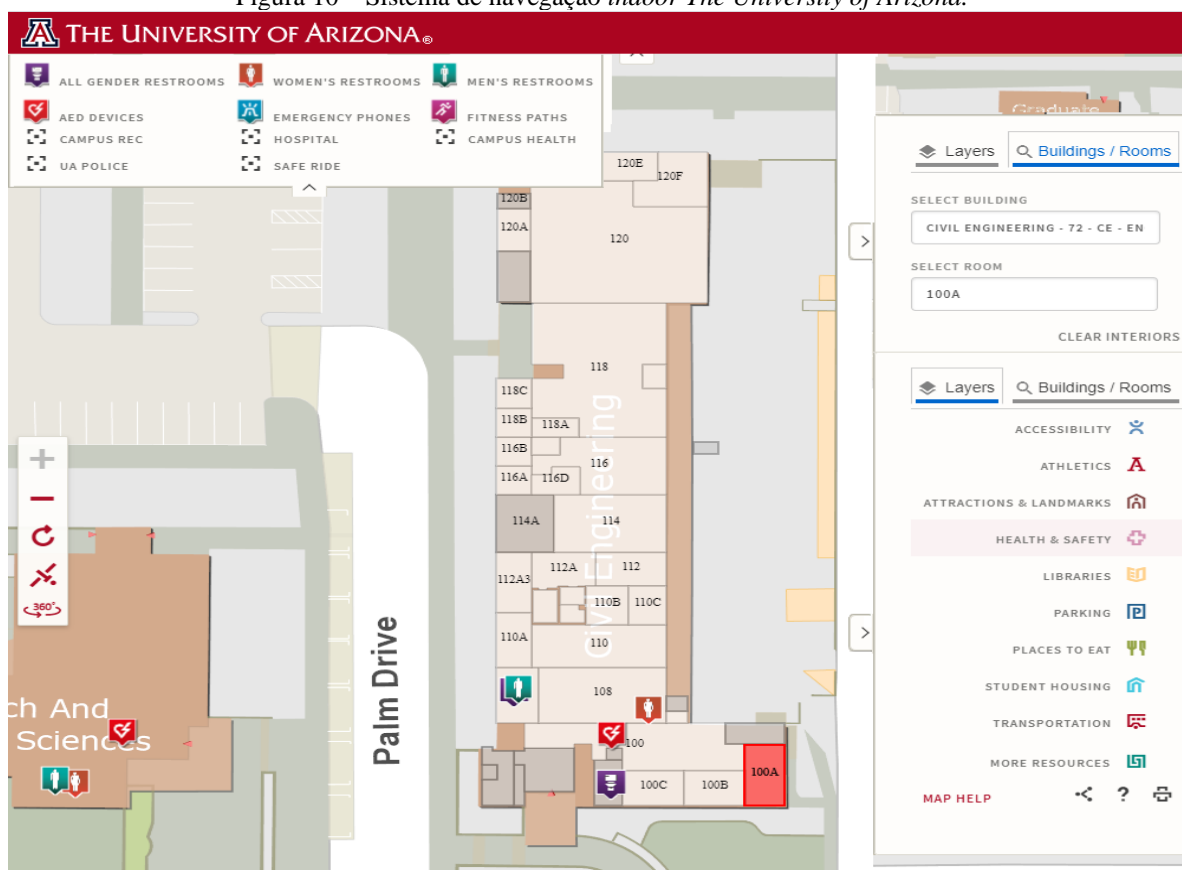
Fonte: CU BOLDER (2020).

A *The University of Arizona* (Figura 10), que é uma instituição pública de educação universitária e pesquisa, localizada em Tucson, Arizona, nos EUA, está disponível para os estudantes e visitantes no site www.map.arizona.edu. O sistema de navegação disponibilizado pela *The University of Arizona* (UOA, 2020) mostra a área *outdoor* o que pode ajudar o usuário a se orientar, assim como o nome dos prédios e ambientes que ficam disponíveis constantemente. A representação dos ambientes é realizada com cores diferentes, mas

não há especificação na legenda, apenas os símbolos pictóricos relacionados aos ambientes de saúde e segurança estão presentes.

Existe uma ferramenta de busca, porém só é possível procurar um ambiente se o usuário souber em que prédio está, o que pode ocasionar erros caso existam ambientes com o mesmo identificador em edifícios diferentes. Ao buscar um ambiente ele será destacado no mapa, portanto é possível que o usuário procure onde ele está fisicamente e descubra sua posição atual no mapa, e na sequência, pode buscar o ambiente ao qual deseja se dirigir. Como não há traçado de rota e apenas o último local ficará destacado no mapa, o usuário deve determinar qual o melhor caminho para percorrer sozinho e se manter no caminho pretendido, demandando um esforço cognitivo maior.

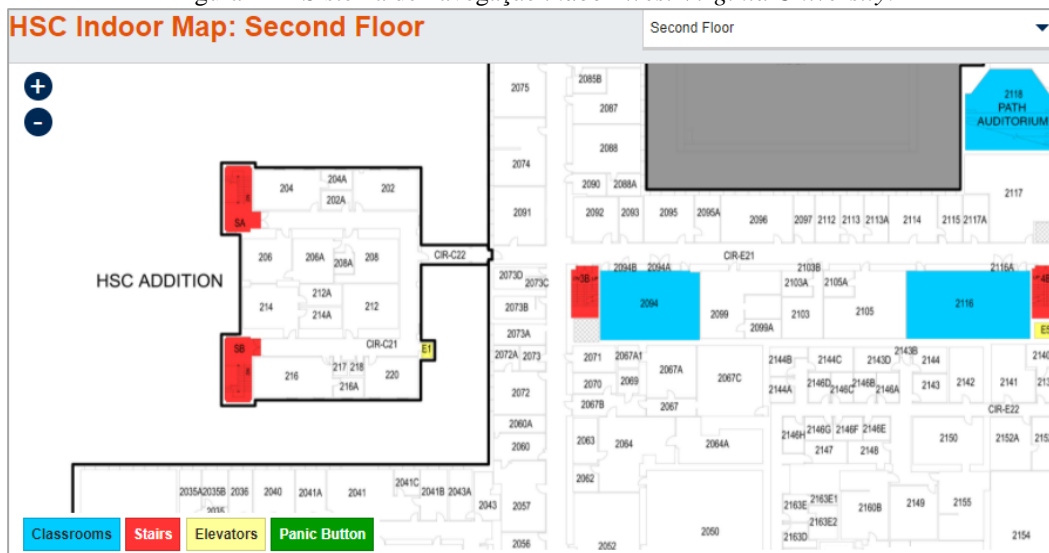
Figura 10 – Sistema de navegação indoor *The University of Arizona*.



Fonte: UOA (2020).

Segundo a *West Virginia University* (WVU, 2020), o campus de Ciências da Saúde em Morgantown, situado na Virginia Ocidental, nos Estados Unidos, conta com quase 4.000 alunos da área da saúde e funciona como centro de atendimento médico para os moradores da região. O edifício da Escola de Medicina possui 10 andares e no sistema de navegação (Figura 11) disponibilizado no site www.hsc.wvu.edu/indoormap é possível escolher visualizar um andar por vez. O usuário deve se autolocalizar e encontrar sozinho o ambiente que deseja ir, assim como determinar o melhor caminho. A escala da representação é variável, mas a representação não muda, ou seja, independente da escala visualizada as informações visíveis serão as mesmas, portanto nenhuma informação recebe destaque, o que acaba sobrecarregando a visualização. Não há representação da área externa ao edifício, o que poderia auxiliar o usuário a orientar o mapa, não há traçado de rota, ou descrição de caminho. Como pontos positivos, pode-se salientar os pontos de referência em destaque com cores e a presença de legenda.

Figura 11 – Sistema de navegação *indoor* West Virginia University.



Fonte: WVU (2020).

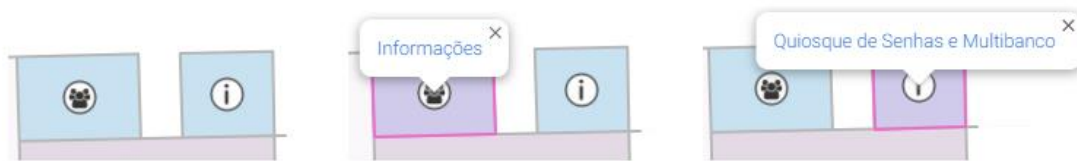
O Hospital das Forças Armadas de Lisboa, em Portugal, disponibiliza uma ferramenta online através do site www.hfar.pt/navegacao-indoor-hfar, que permite aos seus frequentadores saber qual o caminho mais adequado para os diferentes serviços dentro das instalações do hospital (HFAR, 2020). Na Figura 12 é possível notar que é disponibilizado um traçado da rota e existe uma descrição da rota a ser percorrida, porém a informação disponibilizada “Ande 99m” é insuficiente. Esse recurso poderia apresentado de uma forma otimizada e segmentada por trechos, usando mais informações como os pontos de tomada de decisão ou pontos de referência. Além disso, a descrição os marcadores de início e fim de rota correspondem à “Sala de Consulta”. No entanto a indicação textual desses pontos não possui texto explicativo que permita a diferenciação entre eles, o que pode gerar confusão ao usuário.

Figura 12 – Sistema de navegação *indoor* Hospital das Forças Armadas.



Fonte: HFAR (2020).

Outros elementos que são apresentados também poderiam ser otimizados, por exemplo, ao clicar sobre um símbolo pictórico que representa o mesmo tipo de ambiente o rótulo é informado é idêntico, mas existem mais de 30 ambientes nesse edifício com símbolos que indicam o rótulo “Sala de Consulta”. Em relação a representação todos os ambientes são representados com símbolos pictóricos e na planta baixa os tipos de ambiente são diferenciáveis por cores. A representação do mapa base e simbologia dos ambientes variam de acordo com a escala, o que evita o excesso de informações e permite uma legibilidade melhor do mapa, porém a simbologia pode ter sido empregada de maneira não convencional ou errada. Como apresentado na figura 13, o símbolo de que representa “informações” apresenta a descrição textual de “Quiosque de Senhas e Multibanco”.

Figura 13 – Simbologia sistema de navegação *indoor*.

Fonte: HFAR (2020).

Após a análise dos quatro sistemas, destaca-se como ponto positivo que todos são responsivos e foram testados em dispositivos de visualização móvel e desktop, portanto durante o seu desenvolvimento houve essa preocupação de adequação da disposição dos elementos e do conteúdo apresentado, que se adaptam de acordo com o tamanho da tela do usuário.

Vale salientar que dentre os quatro sistemas analisados, nenhum possui uma forma de posicionamento, portanto o usuário deve se localizar observando seu entorno. Ao identificar sua posição é possível inserir essa informação em um campo de busca, quando essa opção está disponível, como em três dos sistemas apresentados. Quando é preciso que o usuário identifique sua posição, dependendo das suas habilidades espaciais ele pode levar maior tempo para se localizar. Além disso, a localização do usuário pode ser identificada erroneamente devido a repetitividade e similaridade de ambientes.

A representação dos ambientes nos sistemas analisados foi realizada empregando mapas de planta baixa, e em três deles os pontos de referência recebem alguma forma de destaque, seja pela inclusão de símbolos pictóricos ou através do emprego de cores diferentes dos demais ambientes, sendo que essa diferenciação pode facilitar a compreensão do usuário. Um dos sistemas tem todos os ambientes representados por cor em conjunto com símbolos pictóricos, o que pode ajudar na compreensão em relação ao tipo de ambiente, mas não assessora o usuário na tarefa de relacionar o ambiente com o mapa, o que pode dificultar a tarefa de localização e orientação do usuário, pois em um edifício existem vários ambientes similares. Portanto, os sistemas que ao invés de empregar símbolos apresentam rótulos indicando o número ou nome do ambiente nos locais que não são pontos de referência podem beneficiar a determinação da localização do usuário, porém os rótulos não devem ser apresentados genericamente de forma que não seja possível diferenciá-los.

Em relação ao traçado de rota, apenas dois sistemas apresentam esse elemento e a ausência dele pode dificultar a navegação do usuário, pois durante a navegação o usuário se desloca pelo ambiente e interage com o sistema simultaneamente. Portanto, em ambientes que possuam muitos corredores pode ser difícil para o usuário compreender em qual parte do trajeto ele se encontra.

Nenhum dos sistemas apresenta uma descrição da rota que permita que o usuário siga as instruções e alcance o seu destino, e dois deles apenas apresentam o tempo ou a distância estimada do percurso. Nenhum dos sistemas analisados apresenta instruções ou informações utilizando comandos de voz.

Esses elementos apontados auxiliam principalmente quando não há informação posicional disponível. Após essa análise é possível notar que vários elementos empregados nos sistemas poderiam ser aprimorados visando auxiliar o usuário de modo a facilitar a navegação, orientação, compreensão e até mesmo a utilização do sistema de navegação.

No Quadro 2 faz-se um resumo dos aspectos apontados ao longo do artigo, que devem ser analisados e aplicados quando for realizada a implementação de um sistema de navegação *indoor* de modo a suprir a ausência de adaptabilidade.

Quadro 2 – Aspectos importantes em um sistema de navegação *indoor* não adaptativo baseado em mapa.

Aspecto	Recomendação
Dispositivo de Visualização	Compatibilizar o sistema desenvolvido com o dispositivo de visualização, considerando fatores como: velocidade, largura de banda, tamanho, resolução da tela e responsividade.
Informação Posicional	Disponibilidade, qualidade do posicionamento e constância.
Representação	Legenda clara e em formato pop-up, representação sem excessos de informação e de fácil entendimento, generalização adequada, instruções para reorientação do mapa, simbologia convencional, apresentação de objetos e barreiras, inclusão de informações adicionais como nomes, exibição também da área outdoor e multiescalabilidade.
Pontos de Referência	Elementos destacados no mapa, principalmente próximo da área a ser percorrida.
Traçado das Rotas	Representação gráfica da rota, nomes ou marcadores no início e fim da rota.
Descrição da rota	Descrição contendo direções, orientações e elementos do ambiente, descrição relativa similar à comunicação pessoal, descrição integral ou fragmentada, instruções para reorientação do mapa no sentido do caminhamento.
Comandos de Voz	Deve ser claro, coerente com a representação e seguir as mesmas diretrizes da descrição de rota, sendo que o usuário deve interagir com o sistema para ouvir as instruções de forma particionada.

Fonte: Os autores (2022).

Dentre os elementos apresentados no quadro acima os pontos de referência são a peça-chave para facilitar e ajudar os usuários quando não há informação posicional disponível, ou quando essa possui uma qualidade baixa. Pois, a representação contendo pontos de referência do ambiente permite que o usuário se localize, se oriente e consiga percorrer o trajeto indicado pelo traçado da rota. Consequentemente as ferramentas disponibilizadas para auxiliar o usuário a navegar através de informações textuais ou comandos de voz que indicam o trajeto, também estão interligados com a representação, assim como os pontos de referência.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de navegação são ferramentas que dão suporte às tarefas de navegação e auxiliam na autolocalização e no planejamento da rota, navegação e orientação no ambiente *indoor*. Um sistema ideal possui como função a determinação do posicionamento do usuário de forma constante, entretanto nem sempre isso é possível, seja pela ausência de um sistema de posicionamento ou por falhas no sistema empregado. A ausência de informação posicional pode aumentar a carga cognitiva do usuário, pois demanda de mais atenção e mais interação com o sistema, além de dificultar a apresentação de descrições textuais e comandos de voz. Para isso os sistemas de navegação devem ser desenvolvidos levando em conta esse problema. Por exemplo, empregar descrições textuais pode ajudar o usuário a navegar, desde que a relação entre a descrição, o mapa apresentado e ambiente físico seja fácil de ser compreendida e se aproxime da descrição que um usuário empregaria para descrever uma rota.

O projeto do mapa é o fator mais importante que influencia o sucesso da navegação, bem como a inclusão da representação de pontos de referência e traçado da rota juntamente com informações textuais a respeito do ambiente, que são úteis dependendo da perspectiva e da complexidade da rota, porém devem ser empregados de forma criteriosa, pois não podem sobrecarregar a representação e dificultar a compreensão.

Portanto, quando se trata da representação dos ambientes *indoor* os usuários de aplicativos de navegação precisam de uma representação que possibilite uma interpretação acessível do conteúdo apresentado. Para isso a metodologia cartográfica deve empregar princípios de generalização cartográfica, apresentação de dados em várias escalas, o uso de simbologia convencional, ou o uso adequado de variáveis visuais, para que haja uma transferência efetiva de informações sobre espaço para o usuário do sistema.

Neste artigo foram levantados os principais aspectos que são importantes em um sistema de navegação *indoor* não adaptativo baseado em mapa, através de outros trabalhos que abordam sistemas de navegação e que são: dispositivo de visualização, informação posicional, representação, pontos de referência, traçado das

rotas, descrição da rota e comandos de voz. Dentre eles, os pontos de referência são elementos fundamentais para facilitar e ajudar os usuários quando não há informação posicional disponível, ou quando essa possui uma qualidade baixa. Isto porque a representação contendo pontos de referência do ambiente permite que o usuário se localize, se oriente e consiga percorrer o trajeto indicado pelo traçado da rota. Os pontos de referência também têm papel significativo nas descrições de rotas, sejam elas através de informações textuais ou comandos de voz que indicam o trajeto, pois podem auxiliar o usuário se localizar e orientar. Pesquisas que buscam entender quais são os pontos de referência utilizados em ambientes *indoor* foram conduzidas considerando diferentes contextos de uso e podem ser utilizadas como ponto de partida para a implementação de sistemas de navegação (ANTUNES; DELAZARI, 2019; SAROT; DELAZARI, 2020).

Como recomendações, sugere-se que mais testes sejam feitos com diversos sistemas não adaptativos *indoor* baseados em mapas com finalidades distintas, ou seja, sistemas empregados em shoppings, mercados e museus. Além disso, novos testes podem ser realizados empregando sistemas nacionais para identificar se existem limitações específicas. Outra análise pertinente, consiste em avaliar os sistemas de navegação *in loco*, ou seja, com um usuário percorrendo o trajeto utilizando o sistema.

Agradecimentos

Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por fomentar a pesquisa de Doutorado (nº do Proc. 162944/2017-9) e aos revisores da Revista Brasileira de Cartografia pelas sugestões e críticas que somaram valor ao manuscrito.

Contribuição dos Autores

Todos os autores participaram da fase de conceptualização do artigo. A autora A. P. A. atuou nas fases de preparação do texto, além da curadoria e análise dos dados. A autora L. S. D. atuou na supervisão do planejamento e execução da atividade de pesquisa. Os autores M. C. L. e N. S. A. contribuíram com revisão e edição do texto.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

Referências

- AGRAWALA, M.; STOLTE, C. Rendering effective route maps: Improving Usability Through Generalization. **Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH '01)**, v. 1, p. 241–249, 2001.
- ANTUNES, A. P. **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, 2016.
- ANTUNES, A. P.; DELAZARI, L. S. Landmarks evaluation with use of *QR-code* for positioning indoor environment. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 25, n. 4, p. 0–15, 2019.
- ANTUNES, A. P.; ARAUJO, N. S.; LIMA, M. C.; DELAZARI, L. S. Assessment of Perception of A Schematic Representation of an Indoor Environment With Distinct Visual Levels. **Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)**. Luján, Año 13, Número 21, 2021, Sección II: Metodología. pp. 1-16. 2021
- BAUS, J.; KRAY, C. Frames of Reference, Positional Information and Navigational Assistance. **Proceedings of {FLAIRS}'02**, p. 461–465, 2002.

- BRÜGGER, A.; RICHTER, K. F.; FABRIKANT, S. I. How does navigation system behavior influence human behavior? **Cognitive Research: Principles and Implications**, v. 4, n. 1, 2019.
- CARLSON, L. A.; HÖLSCHER, C.; SHIPLEY, T. F.; CONORY DALTON, R. Getting lost in buildings. **Current Directions in Psychological Science**, v. 19, n. 5, p. 284–289, 2010.
- COORS, V.; ELTING, C.; KRAY, C.; LAAKSO, K. Presenting Route Instructions on Mobile Devices: From Textual Directions to 3D Visualization. **Exploring Geovisualization**. November 2004, p. 529–550, 2005.
- DONG, J.; NOREIKIS, M.; XIAO, Y.; YLÄ-JÄÄSKI, A. ViNav: A Vision-Based Indoor Navigation System for Smartphones. **IEEE Transactions on Mobile Computing**, v. 18, n. 6, p. 1461–1475, 2019. IEEE.
- DOUSH, Y. A.; ALSHATNAWI, S.; AL-TAMIMI, A.; ALHASAN, B.; HAMASHA, S. **ISAB: Integrated Indoor Navigation System for the Blind**. Interacting with Computers Advance Access published June 15, 2016.
- FANG, H.; XIN, S.; ZHANG, Y.; WANG, Z.; ZHU, J. Assessing the influence of landmarks and paths on the navigational efficiency and the cognitive load of indoor maps. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 2, p. 1–13, 2020.
- FARR, A. C.; KLEINSCHMIDT, T.; YARLAGADDA, P.; MENGERSEN, K. Wayfinding: A simple concept, a complex process. **Transport Reviews**, v. 32, n. 6, p. 715–743, 2012.
- FAVENDO. Indoor Map. Disponível em: <<https://www.favendo.com/indoor-maps>>. Acesso em: 10 abr. 2022
- GARTNER, G.; HUANG, H.; SCHMIDT, M.; LI, Y. Smart environment for ubiquitous indoor navigation. **Proceedings - 2009 International Conference on New Trends in Information and Service Science**, June, p. 176–180, 2009.
- GOTLIB, D.; MARCINIAK, J. Cartographical aspects in the design of indoor navigation systems. **ANNUAL OF NAVIGATION**, p. 35–48, 2012.
- GOTLIB, D. Selected qualities of mobile maps for indoor navigation. **Polish Cartographical Review**, v. 51, n. 4, p. 155–165, 2019.
- GOTLIB, D.; WYSZOMIRSKI, M.; GNAT, M. A Simplified Method of Cartographic Visualisation of Buildings' Interiors (2D+) for Navigation Applications. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 6, 2020.
- HARUN, H.; JAILANI, N.; BAKAR, M. A.; ZAKARIA, M. S.; ABDULLAH, S. A generic framework for developing map-based mobile application. **Proceedings of the 2009 International Conference on Electrical Engineering and Informatics, ICEEI 2009**, v. 2, p. 434–440, 2009.
- HIRASHIMA, G. T., & MANHAS JR, E. B. Um estudo sobre tecnologias de localização em ambientes fechados. **Conference on Graphics, Patterns and Images (SIBGRAPI)**, 2022.
- HOSPITAL DAS FORÇAS ARMADAS DE LISBOA (HFAR). Disponível em: <<https://www.hfar.pt/navegacao-indoor-hfar/>>. Acesso em: 10 mar. 2021.
- JEAMWATTHANACHAI, W.; WALD, M.; WILLS, G. Map Data Representation for Indoor Navigation by Blind People. **International Journal of Chaotic Computing**, v. 4, n. 1, p. 70–78, 2016.
- KEIL, J.; EDLER, D.; KUCHINKE, L.; DICKMANN, F. Effects of visual map complexity on the attentional processing of landmarks. **PLoS ONE**, v. 15, n. 3, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0229575>>.
- KRUKAR, J.; ANACTA, V. J.; SCHWERING, A. The effect of orientation instructions on the recall and reuse of route and survey elements in wayfinding descriptions. **Journal of Environmental Psychology**, v. 68, n. February, 2020.
- KUNHOTH, J.; KARKAR, A. G.; AL-MAADEED, S.; AL-ALI, A. Indoor positioning and wayfinding systems: a survey. **Human-centric Computing and Information Sciences**, v. 10, n. 1, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s13673-020-00222-0>>.
- LI, K. J.; ZLATANOVA, S.; TORRES-SOSPEDRA, J.; PEREZ-NAVARRO, A.; LAOUDIAS, C.; MOREIRA, A. Survey on indoor map standards and formats. **2019 International Conference on Indoor**

Positioning and Indoor Navigation, 2019.

- LORENZ, A. L.; THIERBACH, C. O.; BAUR, N. I. N. A.; KOLBE, T. H. H. 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**, 2013a.
- LORENZ, A.; THIERBACH, C.; BAUR, N.; KOLBE, T. H. Map design aspects, route complexity, or social background? Factors influencing user satisfaction with indoor navigation maps. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 40, n. 3, p. 201–209, 2013b.
- MARTINS, V. E. **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, 2020.
- OZDENIZCI, B.; COSKUN, V.; OK, K. NFC internal: An indoor navigation system. **Sensors (Switzerland)**, v. 15, n. 4, p. 7571–7595, 2015.
- POMBINHO, P.; AFONSO, A. P.; CARMO, M. B. Point of interest awareness using indoor positioning with a mobile phone. **PECCS 2011 - Proceedings of the 1st International Conference on Pervasive and Embedded Computing and Communication Systems**, n. January, p. 5–14, 2011.
- POMBINHO, P.; CARMO, M. B.; AFONSO, A. P. Adaptive mobile visualization – The chameleon framework. **Computer Science and Information Systems**, v. 12, n. 2, p. 445–464, 2015.
- PUIKKONEN, A.; SARJANOJA, A.-H.; HAVERI, M.; HUHTALA, J.; HÄKKILÄ, J. Towards designing better maps for indoor navigation - Experiences from a Case Study. **Proceedings of the 8th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia**, p. 1–4, 2009.
- SAROT, R. V.; DELAZARI, L. S. Proposta de Simbologia para Representação de Ambientes Indoor por Meio de Testes com Usuários. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 43, p. 208–223, 2020.
- SAROT, R. V.; DELAZARI, L. S. Evaluation of mobile device indoor maps. **Bulletin of Geodetic Sciences**, v. 24, n. 4, p. 564–584, 2018.
- TELI, S.; GAIKWAD, A.; KARL, E. N. **Augmented Reality Based Indoor Navigation**. International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science. Volume: 04/Issue:04/April-2022.
- TORONTO PEARSON AIRPORT (TPA). Interactive Maps, Disponível em: <<https://maps.torontopearson.com/>>. Acesso em: 10 abr. 2022
- UNIVERSITY OF ARIZONA (UOA). The University of Arizona: Campus Map 2020. Disponível em: <<https://map.arizona.edu//72-100A>>. Acesso em: 10 mar. 2020.
- UNIVERSITY OF COLORADO (CU BOLDER). The University of Colorado: Campus Map 2020. Disponível em: <<https://www.colorado.edu/map/>>. Acesso em: 11 mar. 2020.
- WEST VIRGINIA UNIVERSITY (WVU) HSC Indoor Map 2020. Disponível em: <<https://www.hsc.wvu.edu/indoormap/>> Acesso em: 15 mar. 2020

Biografia do autor principal

Amanda Pereira Antunes, nascida em Curitiba – PR. Engenheira Cartógrafa e Agrimensora formada pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre em Ciências Geodésicas, com ênfase em Cartografia pela UFPR. cursou doutorado em Ciências Geodésicas na área de Cartografia e SIG pela UFPR, onde realizou pesquisas sobre simbologia, padronização e mapeamento de ambientes indoor, além de contribuir com pesquisas sobre usabilidade na área de Cartografia Tátil.



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.