

## Aplicações para a inclusão social de pessoas com deficiência e mobilidade reduzida: Uma revisão sistemática da literatura



<https://doi.org/10.56238/sevened2023.004-015>

### Maria Elizete Kunkel

Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos, Brasil.

ORCID: [orcid.org/0000-0003-1711-9289](https://orcid.org/0000-0003-1711-9289)

E-mail: [elizete.kunkel@gmail.com](mailto:elizete.kunkel@gmail.com)

### Anderson da Silva Lima

Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos, Brasil.

ORCID: [orcid.org/0009-0004-1567-0186](https://orcid.org/0009-0004-1567-0186)

E-mail: [anderson.lima26@unifesp.br](mailto:anderson.lima26@unifesp.br)

### Leonardo Henrique Fazan

Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos, Brasil.

ORCID: [orcid.org/0000-0002-6070-0776](https://orcid.org/0000-0002-6070-0776)

E-mail: [leonardo.fazan@unifesp.br](mailto:leonardo.fazan@unifesp.br)

### RESUMO

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) podem potencialmente melhorar a independência das pessoas com deficiência que

utilizam aplicações móveis. Comparar os resultados de várias aplicações na literatura pode ser um desafio. Esta revisão sistemática da literatura revela o desenvolvimento de aplicações sobre mobilidade, orientação espacial, prevenção de obstáculos e acesso à informação urbana. Os achados destacam a complexidade envolvida no desenvolvimento e a relevância dessas ferramentas na promoção da independência dos usuários com deficiência, bem como nos esforços colaborativos. O desenvolvimento de tais aplicações é uma tarefa complexa devido à heterogeneidade dos usuários finais, exigindo a identificação dos recursos necessários para cada grupo. As inovações na modificação do ambiente urbano permitem que todos aproveitem a vida na cidade. Conclusão: A inclusão social exige uma ação colaborativa de profissionais de diversas áreas, da população em geral e do governo no desenvolvimento de aplicativos que atendam às necessidades de todos.

**Palavras-chave:** Dispositivo Móvel, Aplicação, Tecnologia Assistiva.

## 1 INTRODUÇÃO

A população mundial de indivíduos com 60 anos ou mais dobrou desde 1980, e projeta-se que chegue a 2 bilhões até 2050 [1]. As pessoas com deficiência representam aproximadamente 650 milhões de indivíduos, representando 15% da população mundial. Conseqüentemente, o poder público está se esforçando para implementar políticas que atendam de forma efetiva e adequada essa parcela da população. Até 2025, a previsão é que 5,9 bilhões, ou 71% da população mundial, tenham acesso a serviços móveis. As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) compreendem um conjunto de recursos integrados empregados em vários setores, incluindo a educação. As TIC, nomeadamente através de aplicações móveis, têm potencial para melhorar a independência das pessoas com deficiência [2].

Um aplicativo móvel (App) é um programa projetado para dispositivos móveis, adaptado para executar funções específicas. A tecnologia assistiva baseada em dispositivos móveis, com aplicativos,



pode melhorar significativamente a autonomia e a qualidade de vida geral de pessoas com deficiência e idosos [3]. As interações e colaborações de usuários experientes podem ajudar ainda mais outras pessoas, fomentando assim a criação de novos serviços e ferramentas capazes de enfrentar os desafios de acessibilidade e informação decorrentes de dados compartilhados [4].

O corpo de literatura existente contém numerosos estudos de pesquisa focados no desenvolvimento de aplicativos móveis que atendem a indivíduos com deficiências ou mobilidade limitada. No entanto, comparar os resultados entre diferentes plataformas e aplicativos é um desafio. Uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi conduzida com foco específico em mobilidade, orientação espacial, prevenção de obstáculos e acesso à informação urbana.

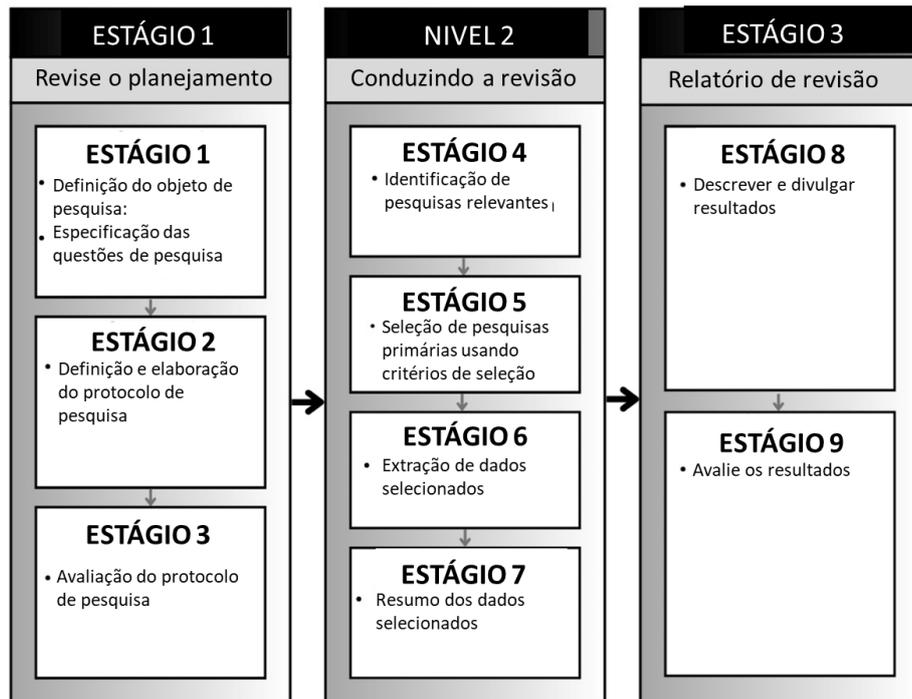
## 2 METODOLOGIA

Nesta Revisão Sistemática da Literatura (RSL), três questões de pesquisa foram delineadas para nortear a investigação:

1. Que tecnologias têm sido empregadas em aplicativos móveis projetados para auxiliar pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida?
2. Quais foram os desafios encontrados durante o desenvolvimento dessas aplicações e quais soluções foram implementadas para enfrentá-los?
3. De que forma o sistema de colaboração coletiva tem sido aproveitado no desenvolvimento e manutenção dessas aplicações?

Seguindo a metodologia desenvolvida por Briebeton, o RSL foi dividido em três fases distintas: planejamento, execução e compilação do relatório de revisão (Figura 1) [5]. Essas fases oferecem uma estrutura abrangente para a realização da revisão, permitindo uma abordagem sistemática e rigorosa para a obtenção e análise da literatura relevante sobre o desenvolvimento de aplicativos móveis para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Eles também garantem que a revisão seja realizada de forma transparente e documentada de forma completa, facilitando a apresentação de resultados confiáveis e pertinentes.

Figura 1 – Fases da Revisão Sistemática da Literatura



Fonte: Os autores

Na Fase 1 do planejamento da revisão sistemática da literatura (RSL), foi estabelecido um protocolo de pesquisa para delinear os critérios de busca dos estudos publicados na língua inglesa entre 2008 e 2021. A busca foi realizada nas seguintes bases de dados: Scopus, SpringerLink, ScienceDirect e Biblioteca Digital Integrada do Instituto de Tecnologia Espacial, utilizando cadeias de busca específicas.

A fase 2 de execução da RSL compreendeu quatro etapas: identificação, seleção, extração e síntese dos estudos. Nessa fase, os estudos relevantes foram identificados por meio do processo de busca, estudos repetidos foram excluídos e aqueles que atendiam aos critérios de inclusão foram selecionados.

A fase 3 consistiu na síntese dos estudos selecionados para abordar as questões de pesquisa. No processo de seleção dos estudos, foram definidos critérios de inclusão e exclusão. Foram excluídos os estudos que não possuíam dados para abordar as questões de pesquisa (como editoriais, resumos, capítulos de livros e trabalhos apresentados em eventos) e foram selecionados apenas estudos primários que passaram por revisão por pares e abordaram total ou parcialmente as questões de pesquisa.

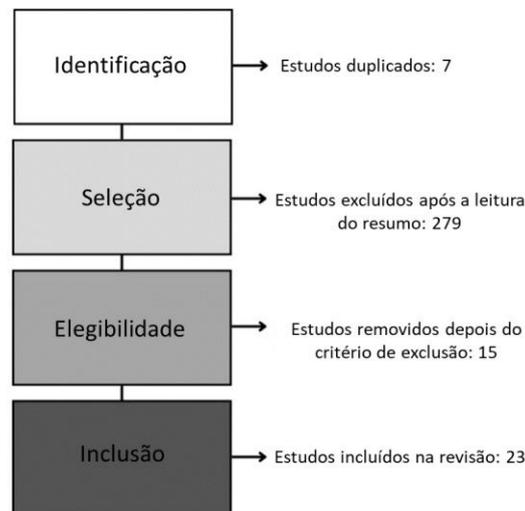
### 3 RESULTADOS

Um total de 23 estudos foi selecionado para compor a RSL. A Figura 2 ilustra o processo de seleção dos estudos com base nos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos no protocolo. Em todas



as bases de dados, foi selecionado um conjunto inicial de 324 estudos, dos quais 7 foram excluídos por duplicidade em mais de uma base de dados. Após a revisão dos títulos e resumos, 279 estudos foram excluídos por aderirem aos critérios de exclusão. Os demais estudos foram examinados na íntegra e, após essa etapa, mais 15 estudos foram excluídos.

Figura 2 – Processo de seleção dos estudos



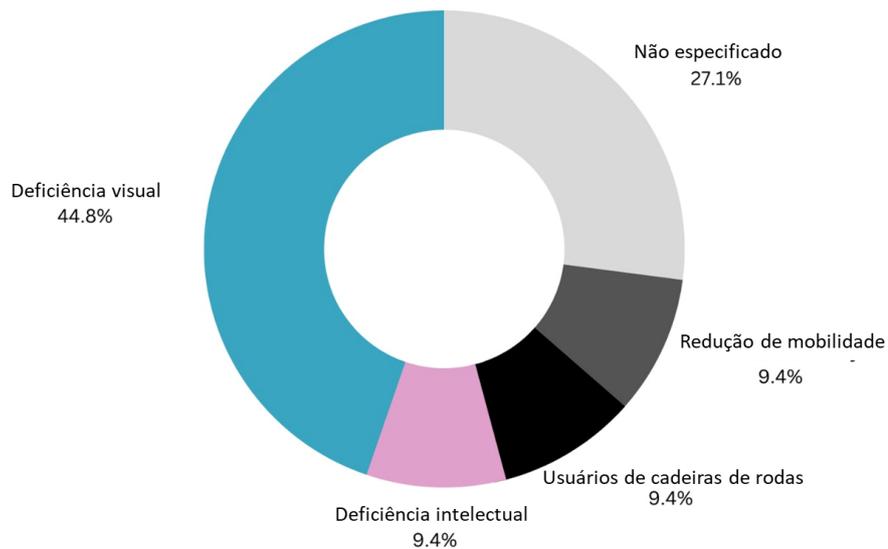
Fonte: Os autores

Os resultados preliminares da busca na base de dados Scopus utilizando as cadeias de busca "(TITLE-ABS-KEY (aplicativo ou aplicativo ou 'aplicativo móvel' ou saúde) E TITLE-ABS-KEY (colaborativo ou colaboração ou crowdsourcing) E TITLE-ABS-KEY ('tecnologia assistiva' ou 'dispositivos assistivos' ou dispositivos ou 'tecnologia adaptativa') E TITLE-ABS-KEY (Acessibilidade) DENTRO do ARTIGO" retornaram 102 estudos, com apenas 1 selecionado para inclusão. A busca no SpringerLink com as strings de busca "(TITLE-ABS-KEY (mobile or smartphone) AND TITLE-ABS-KEY (collaborative crowdsourcing) AND TITLE-ABS-KEY ('dispositivos assistivos' ou 'pessoas com deficiência' ou deficiências) WITHIN ARTICLE" resultou em 49 estudos, dos quais 6 foram selecionados. A busca na base de dados ScienceDirect com as strings de busca "(FIND ARTICLES WITH THESE TERMS (smartphone and 'people with disabilities' or 'assistive technology' and collaborative)" resultou em 53 estudos, sendo selecionados 7 deles. A busca na base de dados do ITA Integrado recuperou 120 estudos, sendo selecionados 9. As cadeias de pesquisa aplicadas foram: "(dispositivos assistivos' ou 'pessoas com deficiência' ou deficiências) E (celular ou smartphone ou aplicativo) E (colaborativo ou crowdsourcing ou crowdfunding) E (orientação ou mobilidade) E ('tecnologia assistiva' ou 'dispositivos assistivos' ou dispositivos ou 'tecnologia adaptativa')." Nessa base de dados, foi selecionada a opção "Somente artigos revisados por pares".



Dos 23 estudos selecionados para a RSL, os resultados forneceram subsídios para o desenvolvimento de aplicativos para indivíduos com vários tipos de deficiência: visual (10), mobilidade (2), cognitiva e idosos (3), cadeirantes (2), e 6 artigos não especificaram o tipo de deficiência (Figura 3). Seis dos dispositivos foram projetados para ambientes internos, 11 para ambientes externos e 6 para ambientes externos e internos. O quadro 2 descreve os objetivos das candidaturas selecionadas.

Figura 3 - Tipos de Deficiências Investigadas nos Estudos de Desenvolvimento de Aplicativos



Fonte: Os autores

Quadro 2 – Objectivos das candidaturas seleccionadas

Objetivo	Referência	Aplicativo
Monitor	[6] [9]	Ecaalyx
Mobilidade	[7]	PERCEPÇÃO
Orientação	[1] [8] [11] [13] [14][17][24][26-27]	IMAGO, ZebraReconhecedor, All-SMAII
Informação	[10] [15]	SoNavNet, Ebsar
Assistência	[12]	-
Informação	[15-16] [18-23]	SIMON, GAWA, LA Aplicação
Auxílio	[18-23]	
Transporte	[25]	Tiramisu

Fonte: Os autores

### 3.1 QUE TECNOLOGIAS TÊM SIDO UTILIZADAS NAS APLICAÇÕES MÓVEIS PARA AJUDAR AS PESSOAS COM DEFICIÊNCIA OU MOBILIDADE REDUZIDA?

Neste estudo, foram identificados 12 estudos sobre sistemas de orientação e navegação para motoristas. Embora o Sistema de Posicionamento Global (GPS), um sistema de navegação por satélite lançado na década de 1990, seja amplamente utilizado para navegação por smartphones, ele permanece impreciso em áreas rurais e locais fechados. No entanto, outros sistemas estão disponíveis e foram identificados na RSL como tecnologias para a localização e orientação de pessoas com deficiência.



O aplicativo PERCEPT [7] permite o acesso independente de pessoas com deficiência visual às unidades públicas de saúde. O sistema inclui uma luva com microcontrolador, leitor e tags RFID, antena, chip Bluetooth, botões, alto-falantes, baterias recarregáveis e regulador de energia. Os tags são colocados estrategicamente, e a luva permite que o usuário os digitalize, enviando os dados para o microcontrolador via Bluetooth. As instruções de navegação são fornecidas em áudio através de um sistema conversor de texto para fala. Em uma cidade inteligente, a mobilidade inteligente é essencial para a vida diária, fornecendo informações sobre transporte, barreiras urbanas, instalações, caminhos para pedestres e planejamento de viagens. O sistema Smart Mobility for All (SMAll) [24] é uma plataforma de gestão de serviços de mobilidade urbana que rastreia em tempo real a posição e a disponibilidade de trens, ônibus, metrô, bicicletas e carros compartilhados. Ele também permite a colaboração do usuário por meio de crowdsourcing.

As tecnologias da Internet das Coisas (IoT) fornecem ferramentas para incluir os cidadãos nas cidades inteligentes, como o sistema interativo AR Application [22]. Esse sistema permite que os usuários de cadeiras de rodas façam compras e naveguem de forma independente, privada e autônoma, interagindo digitalmente com itens físicos nas prateleiras das lojas. As metodologias de interação incluem seleção de produtos, recuperação de informações, localização, navegação interna e compras. A interface do sistema é projetada em HTML5 utilizando as bibliotecas JQuery e Javascript, com acesso a um banco de dados através de web services atualizados periodicamente pelo sistema RFID. As interfaces web fornecem informações em tempo real sobre a presença e localização dos produtos nas prateleiras das lojas, graças às atualizações de inventário em tempo real.

A acessibilidade e a mobilidade são questões fundamentais em ambientes internos e externos, especialmente para pessoas com deficiência. O aplicativo GAWA foi desenvolvido para facilitar o acesso de pessoas com deficiência à informação em ambientes internos e externos via smartphones [27]. O aplicativo inclui serviços de gerenciamento de conteúdo, informações móveis e navegação, wayfinding, pesquisa e a avaliação de vários sistemas de orientação para definir rotas para uma determinada viagem. Wayfinding é crucial para melhorar a orientação de pessoas com deficiência visual em locais desconhecidos e ambientes complexos, como centros urbanos, unidades de saúde, instalações educacionais e instalações de transporte.

À medida que os ambientes arquitetônicos se tornam mais complexos, as pessoas precisam de pistas visuais, como mapas, sinais direcionais e símbolos, para ajudá-las a chegar a seus destinos. Atualmente, as câmeras dos smartphones permitem o uso de técnicas visuais, como o Mapeamento e Localização Simultânea (SLAM), para criar aplicativos que auxiliam pessoas com deficiência na localização e navegação em locais públicos. Visual SLAM (vSLAM) usa a câmera do smartphone como fonte de entrada e calcula a geometria 3D do ambiente explorado. Este método fornece uma precisão de posicionamento muito maior do que a alcançada pelos sensores GPS. O aplicativo IMAGO



usa vSLAM e tem um erro médio de localização de 0,51 metros quando comparado ao erro médio de GPS de 34 metros.

A aplicação SIMON [24] contribui para melhorar o acesso das pessoas com deficiência aos lugares de estacionamento públicos. O sistema utiliza tecnologias móveis que integram soluções para apoiar a identificação do usuário nos parquímetros urbanos existentes, preservando a privacidade do cidadão. Duas etiquetas foram fisicamente incorporadas ao sistema, uma etiqueta NFC (Near Field Communication) com identificação do usuário escrita eletronicamente e uma etiqueta adesiva com um código QR (QR-Code) contendo a identificação do usuário. As etiquetas NFC contêm um chip de leitura por indução magnética que pode ser lido através de câmeras de telefones celulares. A câmera do smartphone lê a identificação do usuário por meio dessas etiquetas, que devem ser afixadas no para-brisa do carro estacionado. Este sistema deve ser utilizado tanto pelo utilizador como pelos controladores de estacionamento para verificar a validade do cartão ou de qualquer outra informação relevante do sistema nas etiquetas afixadas no para-brisas do automóvel.

[13] compararam a usabilidade de um mapa de linhas táteis clássico com um mapa interativo de tela multitouch com linhas táteis e saída de áudio. O teste envolveu 24 participantes com deficiência visual e mostrou que a substituição do sistema Braille por um aplicativo áudio-tátil simples melhorou significativamente a eficiência e a satisfação do usuário. Embora os mapas táteis sejam uma ferramenta tradicional usada por deficientes visuais para navegar em ambientes urbanos, eles não são atualizados automaticamente. Uma abordagem alternativa é o uso de Informações Geográficas Voluntárias (VGI), um sistema de código aberto que fornece atualizações sobre a infraestrutura local e pode ser usado em conjunto com um sistema de áudio, texto e e-mail. Essas tecnologias e aplicativos em evolução visam melhorar a acessibilidade e a mobilidade das pessoas com deficiência em ambientes urbanos, oferecendo soluções inovadoras para ajudá-las a alcançar independência e autonomia.

O aplicativo móvel ZebraRecognizer [17] foi desenvolvido para auxiliar indivíduos com deficiência visual no reconhecimento de faixas de pedestres. O sistema é baseado no aplicativo ZebraX e é composto por três módulos principais: Navigator, Logic e ZebraX. O módulo Navegador transmite instruções de áudio para guiar o usuário ao longo da faixa de pedestres, enquanto o módulo Lógico calcula essas instruções de orientação. O módulo ZebraX recebe a posição da faixa de pedestres, reconhece as faixas de pedestres, calcula o caminho mais seguro e fornece feedback de áudio para orientar o usuário. O ZebraRecognizer utiliza recursos de processamento de imagem para remover distorções de projeção e melhorar a precisão do reconhecimento.

[9] propuseram um sistema colaborativo inteligente baseado em sensores integrados em dispositivos móveis para monitorar o bem-estar de indivíduos com mobilidade reduzida ou idosos. O aplicativo utiliza um smartphone equipado com vários sensores e transdutores, incluindo sensor de proximidade, sensor de luz, sensor acústico, microfone, bússola, giroscópio, acelerômetro, barômetro,



localizador GPS, entre outros. O sistema coleta informações como quedas, mudanças de posição e níveis de luz solar para monitorar o estado do indivíduo.

O dispositivo de tecnologia assistiva [27] foi desenvolvido para auxiliar pedestres com deficiência visual a navegar em ambientes externos de forma independente, segura e eficiente. Este dispositivo utiliza os recursos de posicionamento e computação de uma tela sensível ao toque vestível integrada a um smartphone para localizar e orientar os usuários em ambientes urbanos. Ele emprega um sensor GPS e um dispositivo háptico embutido em um sapato para garantir posicionamento, rastreamento e orientação precisos. O dispositivo complementa o uso de bengalas brancas ou cães-guia, proporcionando uma solução abrangente de mobilidade para pedestres cegos e pessoas com deficiência visual em ambientes urbanos. As instruções de navegação são transmitidas via Bluetooth. O módulo eletrônico é um sistema embarcado equipado com um microcontrolador ATMEL-ATtiny2313 que traduz instruções em comandos do atuador e as transmite para o display tátil. Um módulo de feedback tátil localizado no sapato fornece pistas táteis para o pé do usuário, fornecendo as instruções de navegação necessárias para chegar ao destino escolhido. A interface do dispositivo é inovadora, pois fornece feedback tátil ao usuário, aumentando a intuitividade e eficiência da navegação.

### 3.2 QUE DIFICULDADES FORAM ENCONTRADAS NO DESENVOLVIMENTO DESTAS APLICAÇÕES E QUE SOLUÇÕES FORAM IDENTIFICADAS?

As pessoas com deficiência representam um grupo altamente diversificado, tornando desafiador desenvolver soluções específicas para indivíduos que também possam ser viáveis para outros. Considerando a grande variedade de plataformas existentes, desenvolver sistemas para dispositivos móveis é uma tarefa complexa. Os dispositivos móveis possuem características específicas como tamanho da tela, resolução, presença ou ausência de teclado, formato e diversas tecnologias empregadas, que variam de acordo com o nível de hardware e software. Estas diferenças suscitam uma preocupação adicional no que respeita aos meios de fornecimento e apresentação de conteúdos aos utilizadores móveis de forma acessível [28].

Quando se trata de compartilhamento de dados em aplicativos, foram identificadas várias limitações em termos de colaboração para pessoas com deficiência na mobilidade via pública. A rápida obsolescência desses dados é um problema recorrente devido a fatores como manutenção inadequada de vias públicas, evacuações de emergência e congestionamentos resultantes de eventos irregulares, como desfiles ou festivais [10]. Outra limitação é a dificuldade em obter participação suficiente de fontes externas e dados relevantes sobre mobilidade e orientação, bem como a qualificação dos contribuintes de dados para avaliar rotas para diferentes deficiências [23]. Embora seja comum que grupos compartilhem informações sobre rotas sem barreiras em aplicativos para pessoas com



deficiência, é essencial notar que os indivíduos com deficiências de mobilidade constituem um grupo altamente heterogêneo com características físicas ou funcionais, idades e necessidades específicas de transporte que muitas vezes não são atendidas pelos aplicativos disponíveis [23].

A questão das diferentes faixas etárias dos usuários também é um problema complexo, uma vez que adolescentes, adultos e idosos com deficiência cresceram em diferentes épocas, com diferentes níveis de aceitação de sistemas baseados em dispositivos móveis [26]. No entanto, é crucial que a resposta para superar as barreiras de acessibilidade atenda às necessidades específicas de cada usuário final, após a identificação dos requisitos para cada tipo de usuário.

Para fornecer um serviço a um grupo-alvo que geralmente não tem familiaridade com a tecnologia, uma plataforma móvel contínua e autônoma é essencial para uma operação eficiente, como a geração de alertas [6]. Também é vital que o sistema use diferentes canais sensoriais, como visual, auditivo e tátil, para tornar a entrega de informações acessível a todos os usuários, independentemente da idade, tipo de deficiência ou preferência sensorial do usuário [1].

Um estudo avaliando um aplicativo direcionado a deficientes visuais constatou que 40% dos participantes encontraram dificuldades em compreender a voz sintética e seguir as instruções do aplicativo [7]. Por isso, é fundamental considerar que, em determinadas circunstâncias, o uso excessivo de mensagens de áudio pode distrair o usuário, prejudicando a usabilidade do aplicativo. É fundamental que o aplicativo forneça alertas apenas para informações essenciais, como a proximidade de veículos, ciclistas e pedestres, por exemplo [17]. Além disso, as informações de navegação devem ser claras e intuitivas [8]. É fundamental ressaltar que, em relação aos mapas táteis, a sobrecarga de informações pode prejudicar a legibilidade, tornando-se confusa e dificultando a percepção do usuário [13].

Em um teste prático com aplicação para deficientes visuais, todos os participantes preferiram a combinação de um sistema de orientação auditiva e tátil [1]. Em resposta às dificuldades encontradas pelos usuários do aplicativo PERCEPT, modificações foram feitas no sistema para incluir informações de proximidade na orientação passo a passo, fornecer instruções para usuários com cães-guia, permitir ajustes no ritmo de voz do aplicativo e oferecer instruções curtas ou abreviadas, como "virar à esquerda" ou "virar à direita" [7]. Para garantir a acessibilidade das interfaces para diferentes usuários, é essencial fornecer recursos de mídia alternativa que possam atender a necessidades específicas de interação. Os modelos de informação de descrição de recursos digitais podem ajudar a equilibrar as características do sistema e as necessidades individuais dos utilizadores, permitindo o acesso de todos os utilizadores [29].

Os dispositivos móveis com tecnologia de reconhecimento de localização têm o potencial de coletar, armazenar e divulgar uma abundância de dados confidenciais, levantando preocupações de segurança e privacidade [8]. [16] aborda dois desafios principais: reduzir a ciberfraude na implementação do sistema e propor uma solução de navegação multimodal específica para idosos e



peças com deficiência. Ambos os casos exigem ampla integração de vários bancos de dados com informações pessoais coletadas. Portanto, uma solução viável para o projeto seria a implementação de uma metodologia comprovada para preservar a privacidade dos dados e autenticar os usuários.

Um estudo realizado por [22] em indivíduos com mobilidade reduzida das mãos, idosos e indivíduos com danos cerebrais concluiu que os usuários de cadeira de rodas se sentiam mais confortáveis com smartphones do que tablets, porque manusear um tablet em uma cadeira de rodas é um desafio, e um smartphone pode ser operado com uma mão. As interfaces de usuário podem ser projetadas com fontes, botões e imagens grandes, facilitando a usabilidade do aplicativo [22].

Os sistemas GPS são frequentemente utilizados para a navegação pedonal, mas sofrem de imprecisões, especialmente em zonas rurais, onde a navegação é normalmente mais necessária [14], e de sinais fracos em espaços fechados, como museus ou instalações onde os pontos de acesso são fracos ou obstruídos [24]. Além disso, o GPS não determina a localização do utilizador dentro de um edifício [15]. Algumas tecnologias de localização e orientação são usadas para substituir ou complementar as funções do GPS: luz infravermelha, câmera fotográfica, Bluetooth, Zigbee, Sistema Baseado em Localização (LBS) e IoT [22]. O uso do acelerômetro e da bússola para rastreamento de usuários, como empregado pelo dispositivo móvel Ebsar, provou ser superior e mais disponível do que o rastreamento GPS, que requer uma conexão sem fio para funcionar. Para aumentar a precisão, o aplicativo usa marcadores de localização como pontos de verificação para garantir que, mesmo em casos de desvio do caminho e falhas no acelerômetro e na bússola, um código QR digitalizado permite que o sistema ajuste a localização do usuário e continue orientando-o [15].

Para melhorar as funcionalidades das ferramentas, devem ser planejadas várias melhorias a curto e médio prazo, combinando vários serviços e tecnologias disponíveis para melhorar a qualidade das aplicações [29].

### 3.3 COMO OS SISTEMAS DE COLABORAÇÃO TÊM SIDO UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO E MANUTENÇÃO DESSAS APLICAÇÕES?

Foram identificados os seguintes sistemas: troca de informações via aplicativos entre usuários finais; colaboração de cuidadores formais e informais; compartilhamento de experiências por meio das mídias sociais; e colaboração de voluntários com e sem deficiência [6, 10, 12, 20, 21, 25-26]. As cidades inteligentes representam uma abordagem ampla e integrada para melhorar a eficiência das operações de uma cidade, a qualidade de vida da população e a economia regional. Uma dimensão crucial é a melhoria da qualidade de vida das pessoas com deficiência, que muitas vezes enfrentam desigualdades no acesso a instalações fornecidas pelo governo. A colaboração entre as várias partes interessadas é essencial para o projeto, processos e melhorias da cidade. A comunicação entre a população e as instituições governamentais é fundamental para isso. Como [31] enfatiza, os sistemas



de comunicação formam a base dos sistemas colaborativos, permitindo que diferentes pessoas atuem juntas em direção a um objetivo comum.

No campo das viagens e turismo para pessoas com deficiência, os aplicativos podem ser usados para fornecer informações personalizadas e adequadas para os turistas, incluindo a capacidade de saber com antecedência se suas necessidades podem ser atendidas no destino pretendido. Além disso, as opiniões de outros turistas com necessidades semelhantes podem ser usadas para melhorar o sistema e a precisão das informações e recomendações fornecidas. O estudo [23] salienta que estas recomendações são uma forma de melhorar a experiência de viagem das pessoas com deficiência. Uma abordagem colaborativa que visa captar informações sobre calçadas em vias públicas, como inclinação, largura, comprimento, danos, entre outros parâmetros, pode ser adotada por cadeirantes. Nesta pesquisa, os usuários finais compartilham e trocam experiências seguindo a rota sugerida pelo aplicativo para chegar ao seu destino. Durante a caminhada, o usuário é questionado sobre a qualidade da calçada por meio do aplicativo, e o feedback coletado é incorporado a um banco de dados. Essa base de dados é ajustada periodicamente para proporcionar aos demais usuários uma rota mais satisfatória [20].

O aplicativo SoNavNet é uma abordagem colaborativa e baseada na experiência do usuário por meio da comunicação em plataformas de mídia social. Esta plataforma permite que as pessoas com deficiência encontrem rotas adequadas que atendam às suas necessidades em ambientes externos e internos [10]. Além disso, os clientes têm acesso instantâneo a informações sobre veículos sem barreiras, classificações de motoristas, rotas de condução, horários estimados de chegada, informações de desconto, estimativas de custos e registros de viagem, e podem compartilhar suas experiências e informações por meio de plataformas de mídia social [26].

A orquestração de microsserviços resulta em um fluxo de trabalho no qual o crowdsourcing e o crowdsensing auxiliam nas fases de planejamento, viagens e relatórios do usuário, considerando suas necessidades e preferências. Crowdsourcing é um modelo de estruturação de produção e processos que usa sabedoria coletiva e insights para resolver problemas ou desenvolver soluções. O crowdsensing ocorre quando um grande grupo de indivíduos com dispositivos móveis detecta, computa e compartilha dados coletivamente e extrai informações para medir, mapear, analisar, estimar ou inferir quaisquer processos comuns de interesse. Por meio desses microsserviços, os usuários podem preencher conjuntos de dados relacionados aos seus pontos de interesse, como monumentos, paradas de serviços públicos, parques, locais históricos, entre outros. Eles também podem colaborar fornecendo informações sobre pontos de interesse de acessibilidade, como barreiras, escadas, equipamentos urbanos, desníveis, obstruções, etc. O crowdsensing funciona automaticamente com a aquisição de vários tipos de informações e fontes, incluindo GPS em tempo real e informações de pontos de acesso.



Essas informações são coletadas para gerar notificações sobre disponibilidade de rotas, ruas e horários de serviços públicos [30].

O aplicativo Wayfinding tem funcionalidade para enviar mensagens aos usuários sobre barreiras físicas, como lixeiras ou faixas de pedestres. Para fornecer informações aos usuários com deficiência visual, a melhor combinação encontrada foi o feedback auditivo e tátil. Quando o feedback tátil é fornecido, o aplicativo vibra em um ritmo específico, alertando o usuário quando ele está andando na direção correta. Se o usuário estiver perto de seu destino, o smartphone vibra em um ritmo mais rápido para sinalizar sua localização [1].

Um estudo teve como objetivo aumentar a interação entre usuários finais e cuidadores formais e informais por meio de colaboração e tutoriais para cuidadores [12]. A discussão e a interação ajudaram tanto os idosos e as pessoas com deficiência quanto os cuidadores a aprender uns com os outros, compartilhar experiências e se comunicar. A este respeito, a colaboração pode ir além do intercâmbio de informações entre pessoas com deficiência, incluindo médicos e outros profissionais de saúde [6].

O aplicativo Tiramisu foi desenvolvido para melhorar a mobilidade urbana por meio do crowdsourcing, permitindo que passageiros com ou sem deficiência compartilhem dados de localização e trânsito em seus smartphones [25]. Ele oferece aos usuários a capacidade de indicar o embarque no ônibus, se o ônibus passou ou se estava lotado para embarcar, por meio de uma caixa de diálogo pop-up. Ao indicar que está embarcando em um ônibus, os usuários escolhem uma parada de destino e avaliam a aglomeração do ônibus no momento do embarque, selecionando "registro" para compartilhar um rastreamento de localização. O aplicativo pára automaticamente de compartilhar informações de localização quando o veículo atinge a parada desejada. Para melhorar a eficiência do sistema, espera-se que outros usuários experientes forneçam recomendações de rota aos usuários de maneira específica. No entanto, é possível que o sistema não encontre a rota ideal quando apenas usuários inexperientes ou com deficiência são considerados. Para mitigar possíveis erros de feedback, foi proposta uma abordagem combinada, onde o caminho sugerido pelo aplicativo não é baseado apenas no feedback de usuários inexperientes ou com deficiências. Um coeficiente de mitigação baseado no tipo de usuário foi incluído no sistema [19].

Um estudo de caso com cinco aplicativos investigou como usuários, incluindo idosos, cadeirantes, deficientes visuais e voluntários sem deficiência, colaboram no fornecimento de informações sobre acessibilidade ambiental [21]. Indivíduos de diferentes grupos de usuários apresentaram comportamentos distintos ao colaborar com informações de acessibilidade. Por outro lado, voluntários sem deficiência apresentaram algumas limitações na identificação de problemas de acessibilidade ambiental.



## 4 CONCLUSÕES

A presente Revisão Sistemática da Literatura (RSL) teve como objetivo analisar estudos sobre o desenvolvimento de tecnologias assistivas baseadas em dispositivos móveis. Os resultados enfatizam a complexidade envolvida no desenvolvimento desses aplicativos e ressaltam a importância dos aplicativos móveis na promoção da independência dos usuários com deficiência, bem como na compreensão da importância do aspecto colaborativo dessas ferramentas. Esse tipo de desenvolvimento é uma tarefa complexa devido à heterogeneidade dos usuários finais.

Os desafios de acessibilidade que a sociedade enfrenta atualmente são mais acentuados nas áreas urbanas. É de extrema importância diferenciar os recursos necessários para cada grupo, uma vez que cada indivíduo tem necessidades e preferências específicas. A aplicação de mecanismos tecnológicos pode trazer resultados positivos na inclusão social e no cotidiano das pessoas com deficiência. Os resultados dessa RSL podem orientar os profissionais em projetos voltados ao desenvolvimento de aplicações para pessoas com deficiência, não apenas identificando desafios, mas também descrevendo soluções encontradas pelos pesquisadores. Isso pode servir como orientação para definir os requisitos funcionais dos aplicativos com base nas necessidades do usuário final.

Demonstrar um compromisso com a inovação na transformação do ambiente urbano permite que todos os indivíduos, incluindo aqueles com deficiência, aproveitem plenamente a vida na cidade. A inclusão desses indivíduos é uma tarefa complexa que requer a ação colaborativa de profissionais de diversas áreas, da população, de familiares e de autoridades governamentais.



## REFERÊNCIAS

- Rodriguez-Sanchez, M. C., Moreno-Alvarez, M. A., Martín, E., Borromeo, S., & Hernandez Tamames, J. A. (2014). Accessible smartphones for blind users: A case study for a wayfinding system. *Expert Systems with Applications*, 41(16), 7210-7222.
- Oulasvirta, A., Tamminen, S., Roto, V., & Kuorelahti, J. (2005, April). Interaction in 4-second bursts: the fragmented nature of attentional resources in mobile HCI. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 919-928).
- Khan, A., & Khusro, S. (2021). An insight into smartphone-based assistive solutions for visually impaired and blind people: issues, challenges and opportunities. *Universal Access in the Information Society*, 20(2), 265-298.
- Kim, J., Nguyen, P. T., Weir, S., Guo, P. J., Miller, R. C., & Gajos, K. Z. (2014, April). Crowdsourcing step-by-step information extraction to enhance existing how-to videos. In *Proceedings of the SIGCHI*.
- Brereton, P., Kitchenham, B. A., Budgen, D., Turner, M., & Khalil, M. (2007). Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. *Journal of systems and software*, 80(4), 571-583.
- Boulos, M. N. K., Wheeler, S., Tavares, C., Jones, R. (2011). How smartphones are changing the face of mobile and participatory healthcare: An overview, with example from eCAALYX. *Biomedical Engineering Online*, 10, Article 24.
- Ganz, A., Schafer, J., Gandhi, S., Puleo, E., Wilson, C., & Robertson, M. (2012). PERCEPT indoor navigation system for the blind and visually impaired: architecture and experimentation. *International journal of telemedicine and applications*, 2012.
- Barberis, C., Andrea, B., Giovanni, M., & Paolo, M. (2013). Experiencing indoor navigation on mobile devices. *It Professional*, 16(1), 50-57.
- Sendra, S., Granell, E., Lloret, J., & Rodrigues, J. J. (2014). Smart collaborative mobile system for taking care of disabled and elderly people. *Mobile Networks and Applications*, 19(3), 287-302.
- Karimi A, H., Dias, M. B., Pearlman, J., & J Zimmerman, G. (2014). Wayfinding and navigation for people with disabilities using social navigation networks. *EAI Endorsed Transactions on Collaborative Computing*, 1(2), e5-e5.
- Duarte, K., Cecilio, J., Sá Silva, J., & Furtado, P. (2014). Information and Assisted Navigation System for Blind People. *International Journal on Smart Sensing & Intelligent Systems*, 7(5).
- RUSU, L., & CRAMARIUC, B. (2014). A Conceptual Approach for Innovative Home Care Solution. *Journal of Applied Computer Science & Mathematics*, (17).
- Brock, A. M., Truillet, P., Oriola, B., Picard, D., & Jouffrais, C. (2015). Interactivity improves usability of geographic maps for visually impaired people. *Human-Computer Interaction*, 30(2), 156-194.
- Jonas, S. M., Sirazitdinova, E., Lensen, J., Kochanov, D., Mayzek, H., de Heus, T., ... & Deserno, T. M. (2015). IMAGO: Image-guided navigation for visually impaired people. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 7(5), 679-692.



- Al-Khalifa, S., & Al-Razgan, M. (2016). Ebsar: Indoor guidance for the visually impaired. *Computers & Electrical Engineering*, 54, 26-39.
- Muñoz, E., Serrano, M., Vivó, M., Marqués, A., Ferreras, A., & Solaz, J. (2016). SIMON: assisted mobility for older and impaired users. *Transportation research procedia*, 14, 4420-4429.
- Mascetti, S., Ahmetovic, D., Gerino, A., & Bernareggi, C. (2016). Zebrarecognizer: Pedestrian crossing recognition for people with visual impairment or blindness. *Pattern Recognition*, 60, 405-419.
- Rodriguez-Sánchez, M. C., & Martinez-Romo, J. (2017). GAWA–Manager for accessibility Wayfinding apps. *International Journal of Information Management*, 37(6), 505-519.
- Zeng, L., Kühn, R., & Weber, G. (2017). Improvement in environmental accessibility via volunteered geographic information: a case study. *Universal Access in the Information Society*, 16(4), 939-949.
- Hashemi, M., & Karimi, H. A. (2017). Collaborative personalized multi-criteria wayfinding for wheelchair users in outdoors. *Transactions in GIS*, 21(4), 782-795.
- Zeng, L., & Weber, G. (2017). GeoCoach: A cross-device hypermedia system to assist visually impaired people to gain environmental accessibility. *Informatik-Spektrum*, 40(6), 527-539.
- Rashid, Z., Melià-Seguí, J., Pous, R., & Peig, E. (2017). Using Augmented Reality and Internet of Things to improve accessibility of people with motor disabilities in the context of Smart Cities. *Future Generation Computer Systems*, 76, 248-261.
- Ribeiro, F. R., Silva, A., Barbosa, F., Silva, A. P., & Metrôlho, J. C. (2018). Mobile applications for accessible tourism: overview, challenges and a proposed platform. *Information Technology & Tourism*, 19(1), 29-59.
- Melis, A., Mirri, S., Prandi, C., Prandini, M., Salomoni, P., & Callegati, F. (2018). Integrating personalized and accessible itineraries in MaaS ecosystems through microservices. *Mobile Networks and Applications*, 23(1), 167-176.
- Steinfeld, A., Bloomfield, L., Amick, S., Huang, Y., Odom, W., Yang, Q., & Zimmerman, J. (2019). Increasing access to transit: localized mobile information. *Journal of urban technology*, 26(3), 45-64.
- Wu, Y. J., Liu, W. J., & Yuan, C. H. (2020). A mobile based barrier free service transportation platform for people with disabilities. *Computers in HumanBehavior*, 107, 105776.
- Tachiquin, R., Velázquez, R., Del-Valle-Soto, C., Gutiérrez, C. A., Carrasco, M., De Fazio, R., ... & Vidal-Verdú, F. (2021). Wearable Urban Mobility Assistive Device for Visually Impaired Pedestrians Using a Smartphone and a Tactile-Foot Interface. *Sensors*, 21(16), 5274.
- Sakamoto, S. G., da Silva, L. F., & de Miranda, L. C. (2012, November). Identificando barreiras de acessibilidade web em dispositivos móveis: resultados de um estudo de caso orientado pela engenharia de requisitos. In *Proceedings of the 11th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems* (pp. 23-32).
- Miñón, R., Moreno, L., & Abascal, J. (2013). A graphical tool to create user interface models for ubiquitous interaction satisfying accessibility requirements. *Universal access in the information society*, 12(4), 427-439.



Pimentel, M., Gerosa, M. A., & Fuks, H. (2011). Sistemas de comunicação para colaboração. *Sistemas Colaborativos*, 1, 65-93.