



DESAFIOS DA MOBILIDADE DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: PROPOSTA DE UM SISTEMA DE AUXÍLIO À NAVEGAÇÃO UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, VISÃO COMPUTACIONAL E SENSORES INTELIGENTES

FELIPE NOBRE SERRÃO

DAVI DE SOUZA LOPES

RESUMO

A deficiência visual é um obstáculo que afeta a movimentação, a autonomia e a inserção social, influenciando de maneira direta a execução das atividades diárias. Historicamente, ferramentas como bengala branca e os cães-guias têm sido bastante empregadas, mas possuem restrições quando se trata da identificação de barreiras e da compreensão do ambiente ao redor. Diante dessa situação, notam-se progressos consideráveis na criação de tecnologias auxiliares que utilizam a combinação de inteligência artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e sensores avançados. Sistemas modernos integram sensores como lidar, câmeras RGB-D e dispositivos ultrassônicos, possibilitando a percepção dos dados é feita através de algoritmos de aprendizado profundo, incluindo redes neurais convolucionais e modelos YOLO, que são capazes de identificar objetos e contribuir para a navegação. Além disso, as abordagens de Localização e Mapeamentos Simultâneos (SLAM) permitem a navegação em ambientes internos e externos, superando as restrições do GPS. Novas tecnologias, como a realidade aumentada e modelos de linguagem visual, ajudam a melhorar a compreensão do ambiente ao fornecer descrições contextualizadas por meio de estímulos sonoros e táteis. Além disso, a conexão com redes de alta velocidade e sistemas de cidades inteligentes promove respostas mais ágeis e maior eficiência nas operações. Adicionalmente, certos dispositivos vêm equipados com sensores fisiológicos, aumentando a segurança dos usuários. Embora tenha sido alcançados progressos significativos, ainda são enfrentados desafios como os custos de computação, a carga cognitiva e a necessidade de validação em situações reais. É possível concluir que essas tecnologias oferecem um grande potencial para aumentar a autonomia, a segurança e a inclusão social de indivíduos com deficiência visual.

PALAVRAS-CHAVES: percepção espacial; navegação autônoma; sensores inteligentes

ABSTRACT

Visual impairment is an obstacle that affects mobility, autonomy, and social integration, directly influencing the performance of daily activities. Historically, tools such as white canes and guide dogs have been widely used, yet they have limitations regarding obstacle detection and environmental awareness. In this context, significant progress has been made in developing assistive technologies that combine artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), and advanced sensors. Modern systems integrate sensors such as LiDAR, RGB-D cameras, and ultrasonic devices; data perception is facilitated by deep learning algorithms—including convolutional neural networks and YOLO models—capable of object identification and navigation support. Furthermore, Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) approaches enable



navigation in both indoor and outdoor environments, overcoming GPS limitations. Emerging technologies, such as augmented reality and vision-language models, enhance environmental understanding by providing contextualized descriptions through auditory and tactile feedback. Additionally, connectivity with high-speed networks and smart city systems fosters faster responses and greater operational efficiency. Some devices also feature physiological sensors, thereby increasing user safety. Despite significant advancements, challenges remain regarding computational costs, cognitive load, and the need for real-world validation. It can be concluded that these technologies hold great potential for enhancing the autonomy, safety, and social inclusion of visually impaired individuals.

KEYWORDS: spatial perception; autonomous navigation; smart sensors

1. INTRODUÇÃO

A deficiência visual constitui uma condição que afeta significativamente a autonomia, a mobilidade e a qualidade de vida dos indivíduos, impactando diretamente sua capacidade de deslocamento seguro e de interação com o ambiente. Segundo Okolo et al. (2024), estima-se que mais de um bilhão de pessoas em todo o mundo convivam com algum grau de comprometimento visual, tornando a acessibilidade e a mobilidade assistida temas prioritários para a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico. Nesse contexto, a promoção da independência funcional e da inclusão social dessas pessoas representa um dos principais desafios contemporâneos relacionados à tecnologia assistiva.

Historicamente, recursos como a bengala branca e os cães-guia têm desempenhado papel fundamental no auxílio à navegação de pessoas com deficiência visual. Entretanto, tais soluções apresentam limitações relacionadas à detecção antecipada de obstáculos, à interpretação contextual do ambiente e à orientação em cenários urbanos complexos (WAZIRALI et al., 2025). Além disso, esses métodos dependem predominantemente do contato físico com os obstáculos ou do treinamento prévio dos animais, restringindo a capacidade de fornecer informações detalhadas sobre o ambiente ao redor do usuário (OKOLO et al., 2024).

Com o avanço da Inteligência Artificial (IA), da Visão Computacional e dos Sensores Inteligentes, novas possibilidades têm surgido para o desenvolvimento de sistemas de navegação assistiva mais eficientes. De acordo com Said et al. (2023), algoritmos de aprendizado profundo têm demonstrado elevado potencial na identificação de obstáculos e no reconhecimento de objetos em tempo real. Esses sistemas são capazes de processar grandes volumes de informações ambientais e transformá-los em orientações acessíveis ao usuário, contribuindo para maior segurança durante a locomoção.

Entre as tecnologias mais utilizadas destacam-se sensores LiDAR, câmeras RGB-D e sensores ultrassônicos. Segundo Mai et al. (2024), a integração desses dispositivos possibilita a obtenção de informações relacionadas à distância, profundidade e localização de obstáculos, ampliando significativamente a percepção espacial do ambiente. Os autores demonstraram que a combinação entre LiDAR bidimensional e câmeras RGB-D favorece o reconhecimento mais preciso de objetos e obstáculos durante a navegação assistida.

Além dos sensores, os algoritmos de detecção de objetos da família YOLO (You Only Look Once) vêm sendo amplamente empregados em sistemas inteligentes voltados à acessibilidade. Wang et



al. (2024) destacam que esses modelos apresentam elevada eficiência computacional e capacidade de identificar simultaneamente diferentes elementos urbanos, incluindo pedestres, veículos, semáforos e obstáculos diversos. Resultados semelhantes foram observados por Said et al. (2023), que demonstraram a viabilidade do uso de redes neurais profundas para aplicações de mobilidade assistiva.

Outro recurso relevante refere-se aos sistemas de Localização e Mapeamento Simultâneos (SLAM), que permitem a construção dinâmica de mapas e a localização do usuário em ambientes internos e externos. Segundo Mai et al. (2024), essa tecnologia contribui para a navegação em locais onde os sistemas convencionais de posicionamento global apresentam limitações, favorecendo maior precisão durante o deslocamento.

Adicionalmente, pesquisas recentes têm explorado a utilização de modelos de linguagem visual e sistemas multimodais capazes de converter informações ambientais em respostas auditivas e táteis. Baig et al. (2024) destacam que a integração entre reconhecimento de objetos e modelos avançados de interpretação contextual permite fornecer descrições mais completas do ambiente ao usuário. Da mesma forma, Lo Valvo et al. (2021) e Sanchez-Garcia et al. (2021) ressaltam que a utilização de feedback auditivo e vibratório contribui para a redução da carga cognitiva e para o aumento da segurança durante a navegação.

Apesar dos avanços observados, ainda persistem desafios relacionados ao custo dos dispositivos, ao consumo computacional, à acessibilidade tecnológica e à validação dos sistemas em ambientes urbanos reais. Wazirali et al. (2025) apontam que muitos protótipos permanecem restritos a ambientes controlados, dificultando a avaliação de seu desempenho em situações cotidianas. Dessa forma, torna-se necessário ampliar a compreensão sobre as tecnologias atualmente disponíveis e suas contribuições para a mobilidade assistiva.

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, os avanços tecnológicos relacionados aos sistemas inteligentes de auxílio à navegação para pessoas com deficiência visual, destacando as aplicações da Inteligência Artificial, da Visão Computacional, dos Sensores Inteligentes e das técnicas de localização espacial, bem como suas contribuições para a autonomia, segurança e inclusão social dos usuários.

2.CENÁRIO TECNOLÓGICO DAS SOLUÇÕES ASSISTIVAS PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

O desenvolvimento de tecnologias assistivas voltadas à mobilidade de pessoas com deficiência visual tem apresentado crescimento significativo nos últimos anos, impulsionado pelos avanços da Inteligência Artificial, da Visão Computacional, dos Sensores Inteligentes e das tecnologias de comunicação. Segundo Okolo et al. (2024), a evolução dessas ferramentas tem possibilitado a criação de sistemas capazes de ampliar a autonomia, a segurança e a inclusão social de indivíduos com deficiência visual.



Entre as principais soluções descritas na literatura destacam-se dispositivos inteligentes capazes de identificar obstáculos, reconhecer objetos e fornecer orientações durante a navegação. Essas tecnologias utilizam diferentes combinações de sensores, algoritmos de aprendizado profundo e sistemas de localização espacial para interpretar informações ambientais em tempo real (SAID et al., 2023; WAZIRALI et al., 2025).

Os sensores LiDAR, câmeras RGB-D e sensores ultrassônicos representam algumas das tecnologias mais empregadas nesses sistemas. Segundo Mai et al. (2024), a integração desses dispositivos possibilita a obtenção simultânea de informações relacionadas à distância, profundidade e características dos objetos presentes no ambiente, aumentando a precisão da navegação assistida.

Além da aquisição de dados ambientais, a literatura destaca a crescente utilização de algoritmos de Visão Computacional para reconhecimento e classificação de objetos. Wang et al. (2024) demonstraram que modelos da família YOLO apresentam desempenho promissor na identificação de obstáculos urbanos, permitindo respostas rápidas e eficientes em aplicações voltadas à mobilidade assistida.

Outro aspecto relevante refere-se à utilização de técnicas de Localização e Mapeamento Simultâneos (SLAM), amplamente empregadas em sistemas de navegação inteligente. Essas tecnologias permitem a construção dinâmica de mapas do ambiente e a localização contínua do usuário, favorecendo a navegação em locais onde sistemas convencionais de posicionamento apresentam limitações (MAI et al., 2024).

No contexto da interação humano-computador, estudos recentes têm explorado o uso de feedback multimodal baseado em estímulos auditivos e táteis. Lo Valvo et al. (2021) e Sanchez-Garcia et al. (2021) destacam que essas abordagens favorecem a compreensão espacial e reduzem a carga cognitiva durante a navegação, tornando os sistemas mais acessíveis e eficientes para pessoas com deficiência visual.

Paralelamente, observa-se uma tendência de integração dessas soluções com tecnologias de computação em nuvem, Edge Computing, Internet das Coisas (IoT) e redes de comunicação de alta velocidade. Segundo Wazirali et al. (2025), essa convergência tecnológica amplia a capacidade de processamento, atualização contínua dos algoritmos e compartilhamento de informações em tempo real.

Dessa forma, o cenário tecnológico atual demonstra que a combinação entre Inteligência Artificial, Sensores Inteligentes, Visão Computacional e sistemas avançados de localização representa uma das principais direções para o desenvolvimento de futuras soluções assistivas voltadas à mobilidade de pessoas com deficiência visual.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

a. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E VISÃO COMPUTACIONAL

A Inteligência Artificial (IA) pode ser definida como um conjunto de métodos computacionais capazes de simular processos cognitivos humanos, incluindo aprendizado, reconhecimento de padrões, tomada de decisão e interpretação de dados complexos. Nas últimas décadas, o avanço da



IA tem impulsionado o desenvolvimento de soluções inovadoras em diversas áreas, incluindo saúde, mobilidade urbana e tecnologias assistivas (OKOLO et al., 2024).

No contexto da deficiência visual, a Inteligência Artificial tem sido empregada principalmente por meio de técnicas de Visão Computacional e Aprendizado Profundo (Deep Learning), permitindo que dispositivos eletrônicos interpretem informações ambientais e auxiliem usuários durante o deslocamento. Segundo Said et al. (2023), sistemas baseados em redes neurais convolucionais apresentam elevada capacidade de reconhecimento de objetos e detecção de obstáculos em tempo real, contribuindo para maior autonomia e segurança dos usuários.

Entre os algoritmos mais utilizados destacam-se os modelos da família YOLO (You Only Look Once), amplamente reconhecidos por sua eficiência na detecção simultânea de múltiplos objetos. Wang et al. (2024) demonstraram que esses modelos são capazes de identificar pedestres, veículos, semáforos, postes e demais obstáculos urbanos com elevado desempenho computacional, tornando-se adequados para aplicações em sistemas de navegação assistiva.

Além da simples detecção de objetos, os avanços recentes têm possibilitado a incorporação de modelos de linguagem visual capazes de interpretar cenas complexas e gerar descrições contextualizadas do ambiente. De acordo com Baig et al. (2024), a integração entre Visão Computacional e modelos avançados de Inteligência Artificial permite fornecer informações mais completas sobre o ambiente, ampliando a percepção espacial dos usuários e favorecendo uma navegação mais segura.

Dessa forma, a Inteligência Artificial representa um dos principais pilares tecnológicos para o desenvolvimento de sistemas inteligentes de auxílio à mobilidade, permitindo transformar informações visuais em orientações acessíveis para pessoas com deficiência visual (OKOLO et al., 2024; BAIG et al., 2024).

b. SENSORES INTELIGENTES E SISTEMAS LIDAR

Os sensores inteligentes desempenham papel fundamental nos sistemas modernos de navegação assistiva, sendo responsáveis pela coleta contínua de informações relacionadas ao ambiente. Esses dispositivos permitem identificar obstáculos, estimar distâncias, reconhecer movimentações e gerar dados essenciais para o funcionamento dos algoritmos de navegação (WAZIRALI et al., 2025).

Entre os sensores mais utilizados destaca-se o LiDAR (Light Detection and Ranging), tecnologia baseada na emissão de pulsos de laser para medição de distâncias e construção de representações tridimensionais do ambiente. Segundo Mai et al. (2024), o LiDAR apresenta elevada precisão na detecção de obstáculos e pode operar mesmo em condições onde câmeras convencionais apresentam limitações.

O funcionamento dessa tecnologia ocorre por meio da emissão contínua de feixes de luz laser que, ao atingirem superfícies próximas, retornam ao sensor. A partir do tempo necessário para o retorno do sinal, o sistema calcula a distância dos objetos e gera um mapa tridimensional do ambiente. Esse processo permite uma percepção espacial detalhada, fundamental para aplicações voltadas à mobilidade assistiva (MAI et al., 2024).

Além do LiDAR, as câmeras RGB-D têm sido amplamente utilizadas em sistemas inteligentes de



navegação. Esses dispositivos capturam simultaneamente informações de cor (RGB) e profundidade (Depth), permitindo uma representação mais completa do ambiente. Segundo Mai et al. (2024), a integração entre LiDAR e câmeras RGB-D melhora significativamente o reconhecimento de obstáculos e a identificação de elementos urbanos relevantes para a navegação. Outro recurso frequentemente empregado consiste nos sensores ultrassônicos, responsáveis pela detecção de obstáculos próximos por meio da emissão e recepção de ondas sonoras de alta frequência. Embora apresentem menor alcance quando comparados ao LiDAR, esses sensores possuem baixo custo e elevada aplicabilidade em sistemas assistivos portáteis (GHARHAN et al., 2024).

A combinação desses diferentes sensores permite aumentar a confiabilidade dos sistemas de navegação, reduzindo falhas de detecção e ampliando a segurança dos usuários durante o deslocamento (WAZIRALI et al., 2025).

c. LOCALIZAÇÃO, MAPEAMENTO E NAVEGAÇÃO ASSISTIDA

A navegação segura de pessoas com deficiência visual depende não apenas da identificação de obstáculos, mas também da capacidade do sistema em determinar sua localização e compreender a estrutura do ambiente. Nesse contexto, destacam-se os sistemas de Localização e Mapeamento Simultâneos (SLAM – Simultaneous Localization and Mapping), amplamente utilizados em robótica móvel e navegação inteligente (MAI et al., 2024).

Os algoritmos SLAM permitem que o dispositivo construa mapas do ambiente enquanto estima continuamente sua própria posição. Essa abordagem é especialmente importante em ambientes internos, onde os sistemas tradicionais de posicionamento global (GPS) apresentam limitações de precisão ou indisponibilidade de sinal (WAZIRALI et al., 2025).

Segundo Mai et al. (2024), a utilização conjunta de sensores LiDAR, câmeras RGB-D e técnicas SLAM possibilita uma navegação mais precisa, favorecendo a identificação de rotas seguras e a redução do risco de colisões durante o deslocamento.

Além do mapeamento ambiental, pesquisas recentes têm explorado o uso de plataformas virtuais para simulação e desenvolvimento de sistemas assistivos. Real e Araujo (2021) apresentaram uma plataforma baseada em realidade mista voltada à criação e avaliação de sistemas de navegação para pessoas cegas e com baixa visão. Os autores destacam que ambientes simulados permitem testar algoritmos e estratégias de navegação antes de sua implementação em cenários reais. Dessa forma, os sistemas de localização e mapeamento constituem componentes essenciais para a construção de soluções inteligentes capazes de oferecer maior independência e segurança durante a mobilidade urbana (REAL; ARAUJO, 2021; MAI et al., 2024).

d. INTERAÇÃO HUMANO-SISTEMA E FEEDBACK MULTIMODAL

A eficiência de um sistema assistivo não depende apenas da precisão na detecção de obstáculos, mas também da forma como as informações são transmitidas ao usuário. Nesse contexto, os sistemas multimodais têm recebido destaque por utilizarem diferentes formas de comunicação simultaneamente, incluindo estímulos auditivos, táteis e vibratórios (SANCHEZ-GARCIA et al.,



2021).

Segundo Lo Valvo et al. (2021), a utilização de feedback multimodal permite reduzir a sobrecarga cognitiva durante a navegação, favorecendo uma interpretação mais rápida das informações ambientais. Os autores ressaltam que mensagens auditivas direcionais podem auxiliar na orientação espacial, enquanto sinais vibratórios podem alertar sobre a presença de obstáculos próximos.

Entre as tecnologias mais utilizadas destacam-se os fones de condução óssea, que transmitem informações sonoras sem bloquear completamente a audição do ambiente externo. Essa característica é particularmente importante para pessoas com deficiência visual, pois permite manter a percepção de sons urbanos relevantes, como trânsito, sinais sonoros e movimentação de pedestres (LO VALVO et al., 2021).

Outra tendência observada na literatura refere-se à utilização de modelos avançados de Inteligência Artificial para geração automática de descrições contextuais do ambiente. Segundo Baig et al. (2024), a integração entre reconhecimento de objetos e modelos de linguagem visual possibilita fornecer informações mais detalhadas e compreensíveis aos usuários, contribuindo para maior autonomia durante o deslocamento.

Além disso, a evolução das redes de comunicação e da Internet das Coisas tem favorecido a integração desses dispositivos a ecossistemas inteligentes, permitindo compartilhamento de dados em tempo real e atualização contínua dos sistemas assistivos. Wazirali et al. (2025) destacam que essa integração representa uma das principais tendências para o futuro da mobilidade assistiva, ampliando as possibilidades de acessibilidade urbana e inclusão digital.

Portanto, a combinação entre Inteligência Artificial, sensores inteligentes, sistemas de localização e estratégias de feedback multimodal constitui uma abordagem promissora para o desenvolvimento de tecnologias capazes de promover maior independência, segurança e qualidade de vida para pessoas com deficiência visual.

4. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, de natureza qualitativa, descritiva e exploratória, desenvolvida com o objetivo de analisar os avanços tecnológicos relacionados aos sistemas inteligentes de auxílio à navegação para pessoas com deficiência visual. A revisão integrativa permite reunir, sintetizar e interpretar evidências científicas produzidas sobre determinado tema, favorecendo a compreensão do estado atual do conhecimento e a identificação de oportunidades para pesquisas futuras (OKOLO et al., 2024).

A escolha dessa abordagem metodológica justifica-se pela rápida evolução das tecnologias assistivas baseadas em Inteligência Artificial, Visão Computacional, Sensores Inteligentes e sistemas de localização espacial. Segundo Wazirali et al. (2025), o crescimento do número de pesquisas relacionadas à mobilidade assistiva exige análises sistematizadas capazes de identificar tendências tecnológicas, limitações existentes e perspectivas futuras para aplicação dessas soluções em ambientes reais.

A coleta dos estudos foi realizada por meio de consultas em bases de dados científicas nacionais e internacionais reconhecidas na área de computação, engenharia, acessibilidade e tecnologias



assistivas. Foram priorizados artigos publicados entre os anos de 2021 e 2025, período que concentra avanços significativos relacionados ao uso de algoritmos de aprendizado profundo, sensores inteligentes e sistemas de navegação autônoma para pessoas com deficiência visual (SAID et al., 2023; MAI et al., 2024).

Os critérios de busca foram definidos a partir dos principais conceitos abordados na literatura científica relacionada ao tema. Foram utilizados os descritores em português: “deficiência visual”, “tecnologia assistiva”, “navegação inteligente”, “detecção de obstáculos”, “visão computacional”, “Inteligência Artificial”, “sensores inteligentes” e “mobilidade assistiva”. Em língua inglesa foram empregados os termos “visual impairment”, “assistive technology”, “computer vision”, “artificial intelligence”, “obstacle detection”, “smart cane”, “SLAM”, “LiDAR” e “assistive navigation”.

Como critérios de inclusão, foram considerados artigos científicos completos publicados em periódicos revisados por pares que abordassem tecnologias aplicadas à orientação, mobilidade e navegação de pessoas com deficiência visual. Foram selecionados estudos relacionados ao uso de sensores LiDAR, câmeras RGB-D, sensores ultrassônicos, algoritmos YOLO, técnicas de aprendizado profundo, sistemas SLAM e modelos de linguagem visual aplicados à acessibilidade (MAI et al., 2024; WANG et al., 2024; BAIG et al., 2024).

Foram excluídos trabalhos duplicados, estudos sem validação experimental, pesquisas que não apresentavam relação direta com mobilidade assistiva e publicações cujo foco principal não estivesse relacionado ao desenvolvimento ou aplicação de tecnologias voltadas às pessoas com deficiência visual.

O processo de seleção ocorreu em etapas. Inicialmente foi realizada a leitura dos títulos e resumos dos trabalhos identificados nas bases de dados. Em seguida, os estudos potencialmente relevantes foram submetidos à leitura integral para avaliação da aderência ao tema proposto. Após essa etapa, foram selecionadas as publicações consideradas mais relevantes para compor a análise teórica do estudo.

Entre os principais trabalhos analisados destacam-se Mai et al. (2024), que desenvolveram uma bengala inteligente baseada na integração entre sensores LiDAR e câmeras RGB-D; Said et al. (2023), que investigaram sistemas de detecção de obstáculos utilizando técnicas de aprendizado profundo; Wang et al. (2024), que propuseram melhorias em modelos YOLO para navegação assistiva; Lo Valvo et al. (2021) e Sanchez-Garcia et al. (2021), que exploraram abordagens relacionadas à interação multimodal e orientação espacial; além de Wazirali et al. (2025), que realizaram uma revisão abrangente sobre tecnologias inteligentes aplicadas à mobilidade de pessoas com deficiência visual.

Após a seleção dos artigos, os dados foram organizados e analisados de forma descritiva e comparativa. A análise concentrou-se na identificação das tecnologias empregadas, dos sensores utilizados, dos algoritmos aplicados, das formas de interação com o usuário, das limitações observadas e das contribuições apresentadas para a autonomia e segurança das pessoas com deficiência visual.

É importante destacar que esta pesquisa não contempla o desenvolvimento, implementação ou validação prática de um software, aplicativo ou dispositivo físico. O estudo possui caráter exclusivamente bibliográfico e analítico, fundamentado na revisão das evidências científicas disponíveis na literatura especializada. Nesse sentido, a proposta tecnológica apresentada



posteriormente não representa um produto desenvolvido pelos autores, mas sim uma arquitetura conceitual construída a partir dos resultados observados nos estudos revisados.

Dessa forma, a proposta de melhoria apresentada neste trabalho deve ser compreendida como uma contribuição teórica baseada nas tecnologias identificadas na literatura científica, podendo servir como referência para futuros projetos de desenvolvimento, prototipagem e validação experimental na área de Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Tabela 1 – Síntese dos principais estudos analisados

Autor	Tecnologia Principal	Contribuição
Mai et al. (2024)	LiDAR + RGB-D + YOLOv5	Navegação e reconhecimento de obstáculos
Said et al. (2023)	Deep Learning	Deteção inteligente de obstáculos
Wang et al. (2024)	YOLO-OD	Aprimoramento da detecção em ambientes urbanos
Lo Valvo et al. (2021)	Navegação assistida	Orientação espacial para deficientes visuais
Sanchez-Garcia et al. (2021)	Feedback multimodal	Interação auditiva e tátil
Baig et al. (2024)	IA + Vision Language Models	Descrição contextual do ambiente
Wazirali et al. (2025)	Revisão tecnológica	Tendências futuras em mobilidade assistiva

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), com base em Mai et al. (2024), Said et al. (2023), Wang et al. (2024), Lo Valvo et al. (2021), Sanchez-Garcia et al. (2021), Baig et al. (2024) e Wazirali et al. (2025).

5. PROPOSTA DE MELHORIA

Com base nos desafios identificados durante a revisão da literatura, propõe-se o desenvolvimento de um sistema inteligente de auxílio à navegação para pessoas com deficiência visual. A solução integra recursos de Inteligência Artificial, Visão Computacional, Sensores Inteligentes e Sistemas de Localização Espacial, permitindo identificar obstáculos, reconhecer

elementos do ambiente e fornecer orientações em tempo real ao usuário.

O sistema tem como objetivo ampliar a autonomia e a segurança durante a mobilidade urbana e em ambientes internos, transformando informações captadas pelos sensores em orientações acessíveis por meio de alertas sonoros e táteis.

Diferentemente das soluções tradicionais, que dependem exclusivamente da bengala ou de sensores isolados, a proposta utiliza múltiplas fontes de dados para aumentar a precisão na identificação de obstáculos e melhorar a compreensão do ambiente.

a. TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Para a implementação da arquitetura proposta, é necessária a integração de diferentes tecnologias de hardware e software capazes de realizar a captura, o processamento, o armazenamento e a transmissão das informações utilizadas durante a navegação assistida. A combinação dessas tecnologias permite que o sistema identifique obstáculos, reconheça objetos, determine a localização do usuário e forneça orientações em tempo real por meio de alertas acessíveis. A Tabela 2 apresenta os principais recursos tecnológicos recomendados para o desenvolvimento da solução proposta.

Tabela 2 – Tecnologias utilizadas na arquitetura do sistema de auxílio à navegação para pessoas com deficiência visual

Componente	Tecnologia proposta
Linguagem de programação	Python
Visão Computacional	OpenCV
Inteligência Artificial	YOLOv8
Banco de dados	PostgreSQL
Aplicativo mobile	Android Studio
Localização	GPS e SLAM
Sensores	LiDAR, ultrassônico e câmera RGB-D
Processamento local	Edge Computing
Armazenamento remoto	Cloud Computing

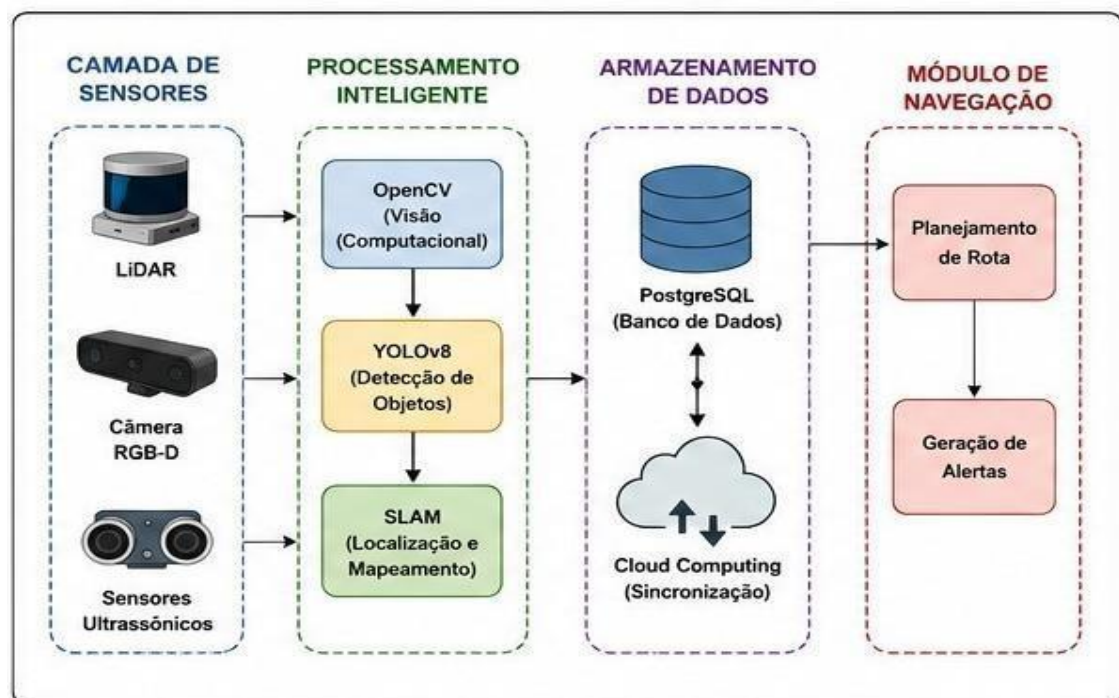
Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Essas tecnologias foram selecionadas por permitirem a coleta, o processamento, o armazenamento e a comunicação de dados em tempo real, requisitos essenciais para sistemas assistivos voltados à navegação de pessoas com deficiência visual.

b. ARQUITETURA GERAL DO SISTEMA

A arquitetura geral do sistema foi estruturada em camadas, permitindo separar as funções de coleta de dados, processamento inteligente, armazenamento e interação com o usuário. Essa divisão facilita a manutenção, a escalabilidade e a compreensão técnica da proposta.

Figura 1: Arquitetura geral do sistema



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

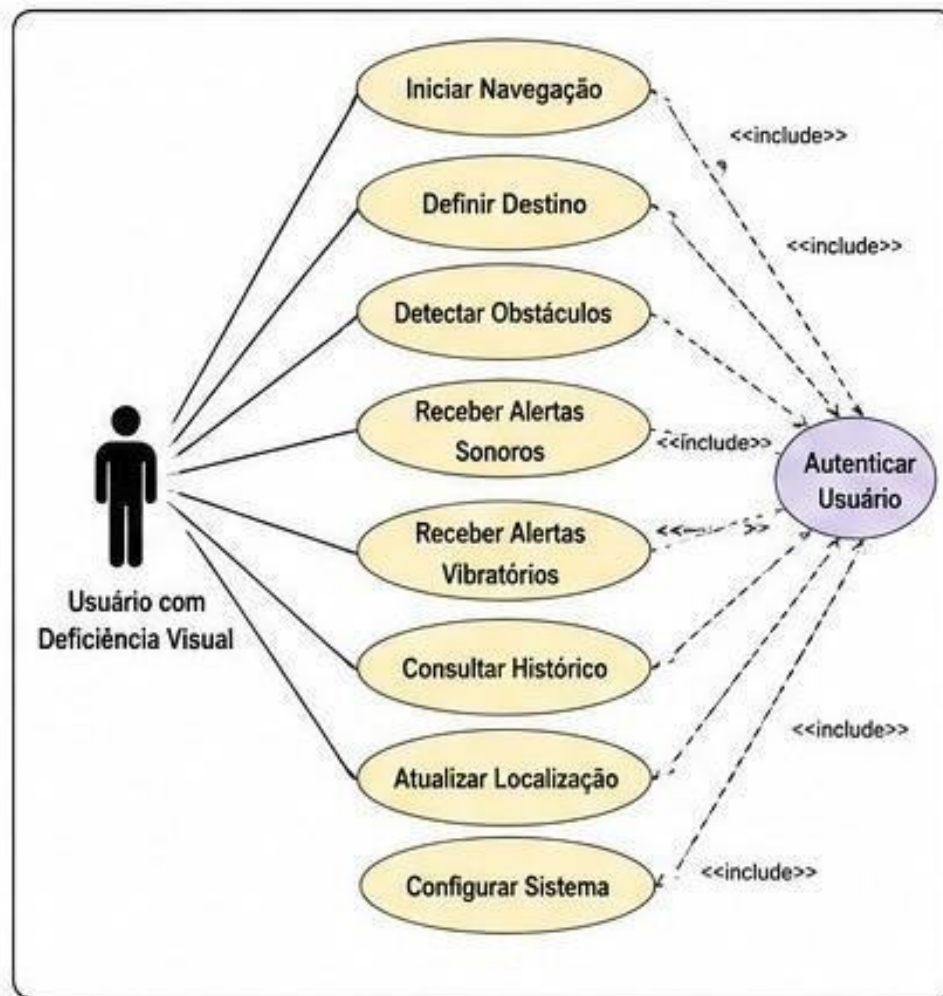
Na primeira camada, os sensores LiDAR, RGB-D e ultrassônicos capturam as informações do ambiente. Em seguida, os dados são processados por algoritmos de Visão Computacional e Inteligência Artificial, com destaque para OpenCV, YOLOv8 e SLAM. Após o processamento, as informações relevantes são armazenadas no banco de dados PostgreSQL e sincronizadas com a nuvem quando houver conectividade disponível. Por fim, o módulo de navegação transforma os dados processados em alertas sonoros e vibratórios enviados ao usuário.



c. DIAGRAMA DE CASO DE USO

O diagrama de caso de uso representa as principais interações entre o usuário com deficiência visual e o sistema proposto. O ator principal é o usuário, que poderá iniciar a navegação, definir destino, receber alertas, consultar histórico, atualizar localização e configurar o sistema.

Figura 2: Diagrama de uso



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A autenticação do usuário permite personalizar as configurações de navegação, como volume dos alertas, intensidade da vibração e modo de funcionamento. Após iniciar a navegação, o sistema passa a detectar obstáculos, atualizar a localização e emitir orientações em tempo real.

d. MODELAGEM DO BANCO DE DADOS

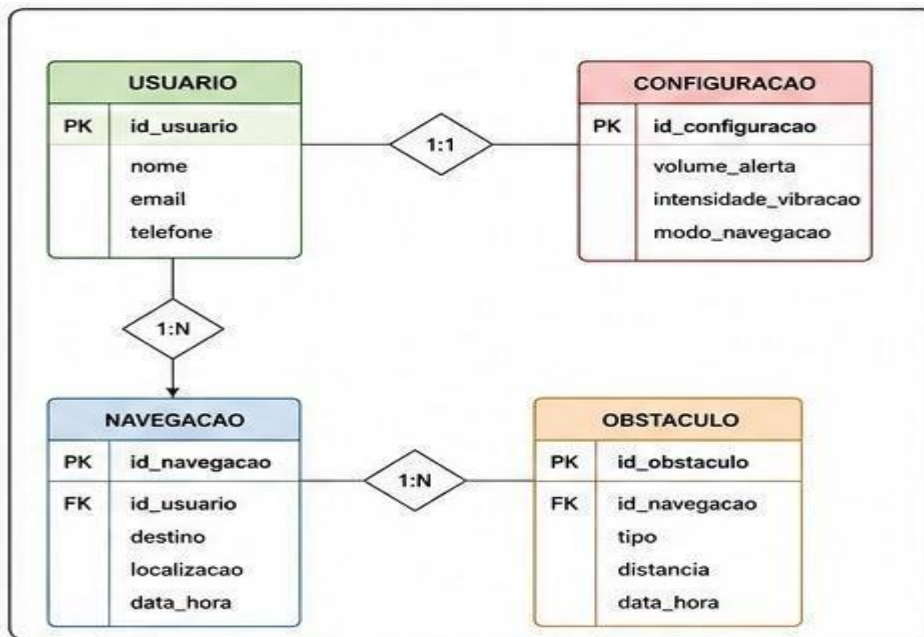
O banco de dados tem a função de armazenar informações relacionadas aos usuários, às navegações realizadas, aos obstáculos detectados e às configurações individuais do sistema. A modelagem foi organizada em quatro entidades principais: Usuario, Navegacao, Obstaculo e Configuracao.

Tabela 3: Modelagem do Banco de Dados

Tabela	Campos principais	Descrição
Usuario	id_usuario, nome, email, telefone	Armazena os dados cadastrais do usuário.
Navegacao	id_navegacao, id_usuario, destino, localizacao, data_hora	Registra cada sessão de navegação realizada.
Obstaculo	id_obstaculo, id_navegacao, tipo, distancia, data_hora	Armazena os obstáculos identificados durante a navegação.
Configuracao	id_configuracao, id_usuario, volume_alerta, intensidade_vibracao, modo_navegacao	Registra as preferências de uso do sistema.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Figura 3 - Diagrama entidade-relacionamento do banco de dados



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

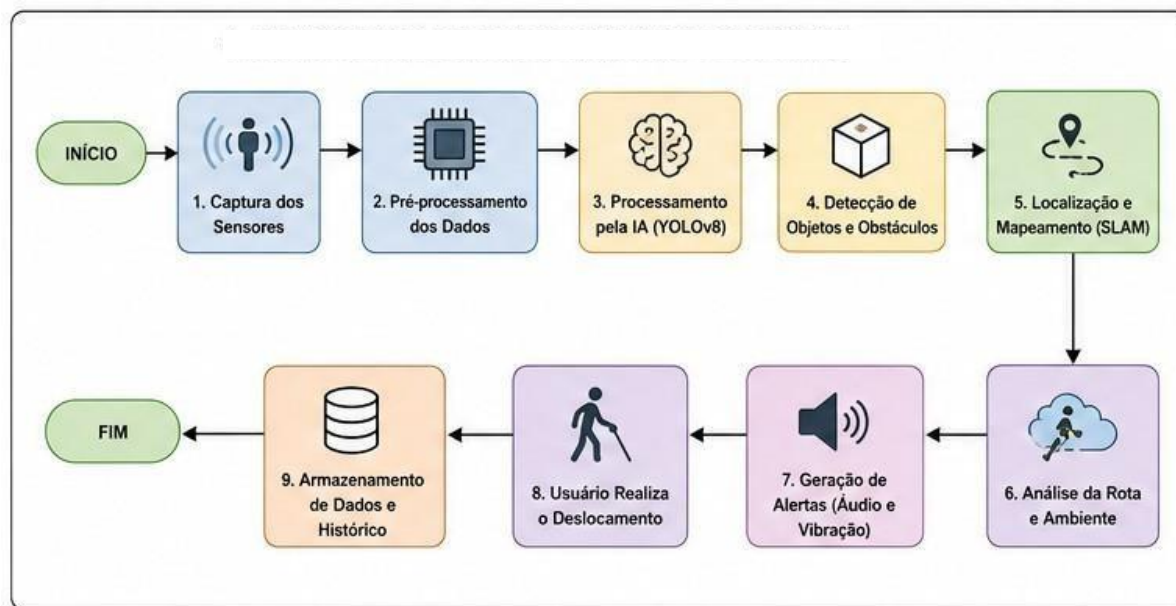


A relação entre Usuario e Navegacao é de um para muitos, pois um usuário pode realizar diversas navegações. A relação entre Navegacao e Obstaculo também é de um para muitos, considerando que uma única navegação pode registrar diversos obstáculos. Já a relação entre Usuario e Configuracao é de um para um, pois cada usuário possui um conjunto próprio de preferências.

e. FLUXO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

O fluxo de funcionamento descreve a sequência operacional do sistema desde a ativação dos sensores até o armazenamento dos dados e a emissão dos alertas ao usuário.

Figura 4 - Fluxograma de funcionamento do sistema



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

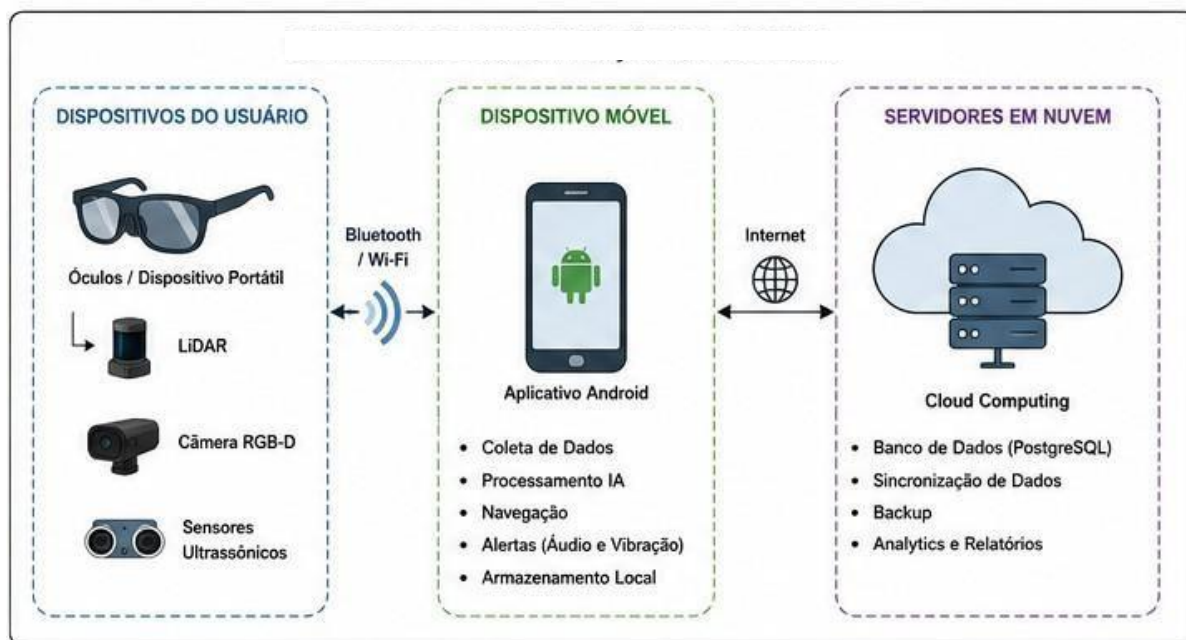
Inicialmente, o sistema realiza a captura das informações ambientais por meio dos sensores. Em seguida, ocorre o pré-processamento dos dados e a análise pela Inteligência Artificial. O algoritmo de detecção identifica objetos e obstáculos, enquanto o módulo de localização e mapeamento avalia a posição do usuário. Após essa análise, o sistema define a rota mais segura e emite alertas por áudio e vibração, permitindo que o usuário realize o deslocamento com maior segurança.



f. MODELO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

O modelo de implantação apresenta a distribuição física e lógica dos componentes do sistema. A solução contempla dispositivos utilizados pelo usuário, aplicação móvel e servidores em nuvem.

Figura 5 - Modelo de implantação do sistema



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os dispositivos do usuário incluem sensores acoplados a óculos ou dispositivo portátil, responsáveis pela coleta dos dados ambientais. Esses dispositivos se comunicam com o aplicativo móvel por Bluetooth ou Wi-Fi. O aplicativo Android executa funções de coleta, navegação, processamento local e emissão de alertas. Quando há acesso à internet, os dados podem ser sincronizados com servidores em nuvem, permitindo backup, atualização dos modelos de Inteligência Artificial e geração de relatórios.



g. **REQUISITOS FUNCIONAIS DO SISTEMA**

Código	Requisito funcional
RF01	Detectar obstáculos em tempo real.
RF02	Reconhecer objetos urbanos relevantes, como pedestres, veículos, postes e semáforos.
RF03	Construir mapas locais do ambiente.
RF04	Atualizar continuamente a localização do usuário.
RF05	Emitir alertas sonoros durante a navegação.
RF06	Emitir alertas vibratórios para indicar proximidade de obstáculos.
RF07	Gerar descrições contextuais simplificadas do ambiente.
RF08	Armazenar histórico de navegação.
RF09	Sincronizar dados com a nuvem quando houver conectividade.

RF10	Operar em ambientes internos e externos.
RF11	Permitir cadastro e autenticação de usuários.
RF12	Permitir definição de destino.
RF13	Permitir consulta ao histórico de navegação.
RF14	Permitir configuração da intensidade dos alertas.
RF15	Permitir funcionamento em modo offline para alertas essenciais.

h. **REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS DO SISTEMA**

Código	Requisito não funcional
RNF01	O sistema deve processar dados em tempo real.
RNF02	O sistema deve manter disponibilidade durante o uso.
RNF03	O sistema deve apresentar confiabilidade na detecção de obstáculos.
RNF04	A arquitetura deve permitir expansão futura.
RNF05	Os dados do usuário devem ser protegidos contra acesso não autorizado.
RNF06	A interface deve ser simples e acessível.
RNF07	O sistema deve ser compatível com dispositivos móveis modernos.
RNF08	A solução deve permitir manutenção e atualização dos algoritmos.
RNF09	O consumo energético deve ser otimizado.
RNF10	Toda interação deve priorizar recursos auditivos e táteis.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).



i. BENEFÍCIOS ESPERADOS DA PROPOSTA

A implementação da solução proposta poderá proporcionar maior autonomia durante a mobilidade urbana, reduzir riscos de colisão, melhorar a orientação espacial e ampliar a inclusão social e digital das pessoas com deficiência visual. Além disso, a integração entre Inteligência Artificial, sensores inteligentes e sistemas de localização poderá contribuir para o desenvolvimento de tecnologias assistivas mais acessíveis, eficientes e adaptáveis a diferentes ambientes de navegação.

6. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que a proposta do sistema inteligente de auxílio à navegação contribua para a compreensão prática da aplicação de tecnologias computacionais na área de acessibilidade. A modelagem apresentada demonstra como recursos de Inteligência Artificial, Visão Computacional, sensores inteligentes, banco de dados e aplicativo móvel podem ser integrados em uma solução voltada ao apoio de pessoas com deficiência visual.

Com a arquitetura proposta, espera-se que o sistema seja capaz de captar informações do ambiente, processar dados em tempo real, identificar obstáculos e emitir alertas sonoros e

vibratórios ao usuário. Esses recursos podem favorecer a mobilidade assistida e reduzir a dependência de terceiros durante deslocamentos em ambientes internos e externos.

Também se espera que a modelagem do banco de dados, o diagrama de caso de uso, o fluxograma e o modelo de implantação sirvam como base para futuras etapas de desenvolvimento, prototipagem e validação experimental da solução. Dessa forma, o trabalho contribui não apenas para a discussão teórica sobre tecnologia assistiva, mas também para a elaboração de uma proposta técnica compatível com a área de Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu analisar os principais desafios enfrentados por pessoas com deficiência visual durante a locomoção e identificar tecnologias capazes de contribuir para uma navegação mais segura e autônoma.

A revisão da literatura demonstrou que recursos como Inteligência Artificial, Visão Computacional, sensores inteligentes e técnicas de localização espacial apresentam grande potencial para ampliar a independência dos usuários e melhorar sua interação com o ambiente. Como contribuição prática, foi proposta uma arquitetura conceitual de um sistema inteligente de auxílio à navegação, integrando sensores, algoritmos de reconhecimento de objetos, mecanismos de localização, banco de dados e interfaces acessíveis baseadas em alertas sonoros e táteis. A solução foi estruturada com modelagem arquitetural, diagrama de caso de uso, modelagem do banco de dados, fluxo operacional, requisitos funcionais e requisitos não funcionais, aproximando a proposta dos conceitos aplicados na área de Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Conclui-se que a implementação de um sistema com essas características pode representar um avanço significativo para a tecnologia assistiva, promovendo acessibilidade, inclusão social e melhoria da qualidade de vida das pessoas com deficiência visual.



Como trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de um protótipo funcional, a realização de testes em ambientes reais e a validação da solução junto ao público-alvo, permitindo avaliar seu desempenho e sua aplicabilidade prática.

REFERÊNCIAS

BAIG, Mirza Samad Ahmed; GILLANI, Syeda Anshrad; SHAH, Shahid Munir, ALJAWARNEH, Mahmoud; Adul akbar; SIDDQUI, Muhammad Hamzah. AI-based wearable vision assistance system for the visually impaired: integrating real-time object recognition and contextual understanding using large vision-language models. [S.I.], 2024.

GHARHAN, Sadik Kamel; KAMEL, Hussein S.; MARIR, Aaower Ahmad; SALEH, Lina Akram. Samrt stick navigation system for visually impaired bases on machine learning algorithms using sensors data. *Jornal of Sensor and Actuator Networks*, v. 13, n.43, 2024. DOI:10.3390/jsan13040043.

LO VALVO, Alice; CROCE, Daniele; GARLISI, Domenico; GIULIANO, Fabrizio; GIARRÉ, Laura; TINNIRELLO, Ilenia. A navigation and augmented reality system for visually impaired people. *Sensors*, v. 21, n. 3061, 2021. DOI: 10.3390/s21093061.

MAI, Chunming; CHEN, Huaze; ZENG, Lina; LI, Zaijin; LIU, Guojun; QIAO, Zhongliang; QU, Yi; LI, Lianhe; LI, Lin. A smart cane based on 2D LiDAR and RGB-D camera sensor-realizing navigation and obstacle recognition. *Sensors*, v. 24, n. 870, 2024. DOI: 10.3390/s24030870.

OKOLO, Gabriel Iluebe; ALTHOBAITI, Turke; RAMZAN, Naeem. Assistive systems for visually impaired persons: challenges and opportunities for navigation assistance. *Sensors*, v. 24, n. 3572, 2024. DOI: 10.3390/s24113572.

REAL, Santiago; ARAUJO, Alvaro. VES: a mixed-reality development platform of navigation systems for blind and visually impaired. *Sensors*, v. 21, n. 6275, 2021. DOI: 10.3390/s21186275.

SAID, Yahia; ATRI, Mohamed; ALBAHAR, Marwan Ali; BEN ATITALLAH, Ahmed; ALSARIERA, Yazan Ahmad. Obstacle detection system for navigation assistance of visually impaired people based on deep learning techniques. *Sensors*, v. 23, n. 5262, 2023. DOI: 10.3390/s23115262.

SANCHEZ-GARCIA, Melani; PEREZ-YUS, Alejandro; MARTINEZ-CANTIN, Ruben;

GUERRERO, José J. *Augmented reality navigation system for visual prosthesis*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 2021. Disponível em: arXiv. Acesso em: 21 maio 2026.



WANG, Wei; JING, Bin; YU, Xiaoru; SUN, Yan; YANG, Liping; WANG, Chunliang. YOLO-OD: obstacle detection for visually impaired navigation assistance. *Sensors*, v. 24, n. 7621, 2024. DOI: 10.3390/s24237621.

WAZIRALI, Raniyah; ASHRIF, Fatma Foad; AHMAD, Rami. AI smart cane technology and assistive navigation for visually impaired users: an overview. *Journal of King Saud University Computer and Information Sciences*, v. 37, p. 226, 2025. DOI: 10.1007/s44443-025-00234-9.