

Tecnologia Assistiva: Protótipo de bengala com leitor QrCode e Arduino

Danrlei Vieira Silva de Souza

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Medianeira, Brasil
danrlei_vieira@hotmail.com

Alessandra B.G. Hoffmann

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Medianeira, Brasil
hoffmann@utfpr.edu.br

Abstract—Accessibility is a key factor in enabling people with disabilities or reduced mobility to move safely and autonomously through various environments by using available systems and technologies. In this context, Assistive Technology (AT) plays a crucial role by offering resources that enhance personal independence. This work presents the development of a prototype of a smart cane equipped with a QR Code reader, designed to assist people with visual impairments, including low vision and blindness. The system is built using an Arduino Mega 2560 board integrated with an HC-SR04 ultrasonic sensor, an ESP32-CAM module, a DFPlayer Mini MP3 module, and a speaker. The sensor measures the distance between the cane and obstacles ahead, while the ESP32-CAM reads QR Codes placed at standard door height. The information contained in the QR Code is then played through the speaker. Initial tests yielded satisfactory results, confirming the feasibility of this approach as an AT resource, with the potential to improve accessibility and promote social inclusion.

Keywords—accessibility; smart cane; social inclusion.

Resumo—A acessibilidade é um fator importante para garantir que pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida possam se locomover com segurança e autonomia em diferentes ambientes, fazendo uso de sistemas e tecnologias disponíveis. Nesse contexto, a Tecnologia Assistiva (TA) desempenha um papel fundamental ao proporcionar recursos que ampliam a independência dessas pessoas. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de bengala inteligente com leitor de QR Code, voltado para auxiliar pessoas com deficiência visual, seja baixa visão ou cegueira. Para isso, utilizou-se uma placa Arduino Mega 2560 integrada a um sensor ultrassônico HC-SR04, um módulo ESP32-CAM, um reproduzidor DFPlayer Mini MP3 e um alto-falante. O sensor é responsável por medir a distância entre a bengala e obstáculos à frente, enquanto o módulo ESP32-CAM realiza a leitura de QR Codes posicionados em altura padrão nas portas dos ambientes. O conteúdo do código é então reproduzido por áudio. Os testes iniciais demonstraram resultados satisfatórios, confirmando a viabilidade da proposta como um recurso de TA, com potencial para ampliar a acessibilidade e promover a inclusão social.

Palavras-chave—acessibilidade; bengala inteligente; inclusão social.

I. INTRODUÇÃO

A Tecnologia Assistiva (TA) é definida como a aplicação de conhecimentos, habilidades e recursos voltados ao desenvolvimento de produtos, serviços e dispositivos que contribuem para a melhoria da qualidade de vida de pessoas com deficiência [1]. A TA é destinada a indivíduos que enfrentam dificuldades para realizar, de forma autônoma, tarefas simples do cotidiano [2]. Por exemplo, pessoas com deficiência visual frequentemente utilizam bengalas para se locomover com mais segurança e evitar colisões com obstáculos fixos. Outros recursos assistivos incluem próteses (oculares e auditivas), cadeiras de rodas, muletas e lupas.

A acessibilidade é uma condição necessária para a inclusão social das pessoas com deficiência, pois visa eliminar barreiras que comprometem a realização de atividades básicas, como a locomoção segura em ambientes públicos e privados [3]. Essa acessibilidade vai além da infraestrutura física — como pisos táteis e rampas de acesso — e abrange áreas como educação, lazer, cultura, comunicação e trabalho [4].

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Censo de 2022 identificou mais de 6,5 milhões de pessoas com deficiência visual no Brasil, sendo cerca de 500 mil cegas e aproximadamente 6 milhões com baixa visão — condição que frequentemente compromete a mobilidade [5]. De acordo com [6], a deficiência visual caracteriza-se pela perda total ou parcial da visão em um ou ambos os olhos, sem possibilidade de correção com lentes ou cirurgias. Essa condição pode ser classificada em dois grupos: cegueira e baixa visão. A cegueira corresponde à perda severa e irreversível da função visual, enquanto a baixa visão varia conforme o tipo e a intensidade do comprometimento visual [7].

Dentre os recursos de TA voltados para esse público, destaca-se a bengala inteligente. Segundo [8], uma bengala desse tipo deve estar equipada com sensores de distância — como sensores ultrassônicos ou infravermelhos — que auxiliam na detecção de obstáculos à frente do usuário, promovendo maior

segurança e autonomia na locomoção.

Neste contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo de bengala inteligente que, além dos sensores de distância, incorpora um leitor de QR Code com o objetivo de identificar ambientes e emitir informações sonoras, promovendo acessibilidade espacial. Para isso, foi utilizada uma placa Arduino Mega 2560 integrada a um sensor ultrassônico HC-SR04, um módulo ESP32-CAM e um alto-falante. O sistema realiza a leitura do QR Code posicionado nas portas dos ambientes e reproduz, por meio de áudio, a identificação do local, contribuindo para a orientação e segurança de pessoas com deficiência visual.

II. REFERENCIAL TEÓRICO DE ACESSIBILIDADE

Acessibilidade é uma das formas de auxiliar as pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Sua efetivação requer o envolvimento de toda a sociedade na criação de espaços, serviços e equipamentos acessíveis, especialmente em contextos que carecem de recursos adequados. A acessibilidade abrange diversas dimensões da vida social, incluindo lazer, educação, comunicação e trabalho [4], [6], [9].

Para reduzir as barreiras enfrentadas por pessoas com deficiência, foram desenvolvidos recursos como TA, com o propósito de promover a inclusão social e proporcionar maior qualidade de vida [4], [10], [11]. Sua relevância está justamente na capacidade de ampliar a participação dessas pessoas em todos os contextos da vida cotidiana, respeitando suas especificidades e promovendo autonomia [12].

A. Deficiência visual

A deficiência visual é caracterizada pela perda parcial ou total da visão em um ou ambos os olhos, podendo ser irreversível ou corrigida por lentes, tratamentos ou cirurgias, a depender do caso [12]. Essa condição ocorre quando alguma enfermidade atinge o sistema visual e compromete uma ou mais de suas funções. O sistema visual é composto pelos olhos, nervos ópticos e conexões cerebrais, sendo que a córnea e a lente têm o papel de focalizar a luz na retina para formação das imagens [13].

Considera-se pessoa com deficiência visual aquela que apresenta cegueira ou baixa visão. A baixa visão é identificada quando a acuidade visual no melhor olho, com a melhor correção óptica, é inferior a 30% e igual ou superior a 5%, ou quando o campo visual é inferior a 20 graus. Já a cegueira ocorre quando esses valores são ainda mais restritivos — acuidade inferior a 5% ou campo visual menor que 10 graus [6], [12], [14].

Estima-se que cerca de 1% da população mundial possui algum grau de deficiência visual, sendo mais de 90% dos casos

localizados em países em desenvolvimento. No Brasil, segundo o Censo de 2010, existem mais de 6,5 milhões de pessoas com deficiência visual, sendo aproximadamente 6 milhões com baixa visão e 582 mil com cegueira total [15].

A acessibilidade para pessoas com deficiência visual está fortemente ligada aos sentidos do tato e da audição [16]. Com o avanço da tecnologia, recursos como leitores de tela, sintetizadores de voz e softwares de ampliação têm contribuído significativamente para a autonomia desse público [9]. Contudo, a falta de acessibilidade em espaços públicos e privados ainda representa um obstáculo para a plena inclusão social e para a qualidade de vida dessas pessoas [15]. Nesse contexto, o uso de tecnologias acessíveis tem o objetivo de permitir que pessoas com deficiência visual se locomovam de maneira mais segura e independente, aproximando-se da experiência das pessoas que não tenham qualquer deficiência [17].

B. Tecnologia Assistiva

O termo TA, passou a ser oficialmente adotado no Brasil a partir de 2015, com a promulgação da Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015). Em seu artigo 3º, inciso III, a lei define TA como: "Produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social" [18].

Para [9], a TA é composta por ferramentas que viabilizam a acessibilidade. Já para [4], [19], seu papel principal é possibilitar ou ampliar a realização de atividades que, de outra forma, não seriam possíveis para a pessoa com deficiência.

C. Arduino

O Arduino é uma plataforma de computação física de código aberto que permite a criação de sistemas embarcados capazes de interagir com o ambiente por meio de *hardware* e *software* [20], [21]. Trata-se de uma placa de baixo custo, amplamente utilizada em projetos de prototipagem devido à sua flexibilidade, simplicidade de uso e comunidade ativa.

Para programar o Arduino, foi utilizado a *Integrated Development Environment* (IDE), que emprega uma linguagem baseada em C/C++ [22]. O modelo utilizado neste projeto foi o Arduino Mega 2560, que se destaca pelo alto número de portas digitais (54) e capacidade de corrente de 20 mA por pino, operando a 5 V [23].

D. Quick Response Code

O QR Code é um código de barras bidimensional que pode ser lido por câmeras de dispositivos móveis ou sensores ópticos. Ele permite codificar informações como URLs, textos, dados numéricos e outros tipos de conteúdo, sendo uma tecnologia acessível e de baixo custo [24].

Um QR Code pode conter até 7.079 caracteres numéricos, 4.296 alfanuméricos, 2.953 binários ou 1.817 caracteres kanji/kana, tornando-se útil para uma variedade de aplicações. Além disso, é frequentemente usado como alternativa para fornecer informações acessíveis em ambientes físicos, uma vez que pode ser lido e interpretado rapidamente por *softwares* específicos [24].

III. METODOLOGIA

Esta seção descreve a abordagem metodológica adotada para o desenvolvimento do protótipo de bengala inteligente com leitor de QR Code (Figura 1). Esta pesquisa é aplicada e experimental pois busca solucionar um problema prático (auxiliar na identificação por áudio de locais quando da locomoção de pessoas com deficiência visual) por meio do desenvolvimento de uma tecnologia com testes de um protótipo (a bengala inteligente com leitura de QrCode). Nesta fase de desenvolvimento, os testes foram realizados apenas pelo próprio pesquisador, sem a validação com usuários-alvo, pessoas com deficiência visual).

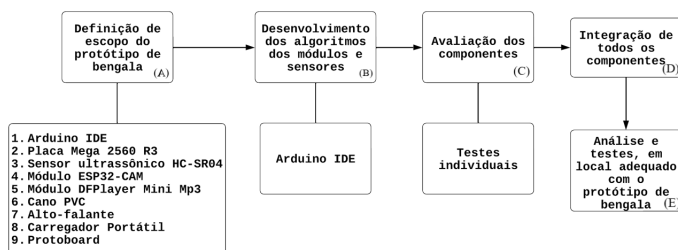


Fig. 1: Diagrama dos processos realizados no desenvolvimento. Fonte: Do autor.

A primeira etapa (A) consistiu na definição do escopo do projeto, incluindo a escolha dos módulos, sensores e funcionalidades do protótipo. Optou-se pelo uso da plataforma de programação Arduino IDE devido à sua compatibilidade com os componentes selecionados e à facilidade de desenvolvimento dos algoritmos e dos módulos dos sensores (B).

Na etapa (C), foram avaliados e testados todos os componentes. O sensor ultrassônico HC-SR04 foi escolhido pela capacidade de realizar medições precisas até uma distância de 30 centímetros, limite estabelecido para a leitura eficaz do QR

Code. Para a leitura do código, utilizou-se o módulo ESP32-CAM, que integra câmera e microcontrolador. A reprodução sonora foi implementada com o uso do módulo DFPlayer Mini MP3, conectado a um alto-falante, permitindo a emissão de mensagens em áudio com base nas informações contidas no QR Code.

A montagem foi realizada com o auxílio de uma *protoboard*, que facilitou a conexão entre os componentes: alto-falante, DFPlayer Mini, Arduino Mega 2560 e sensor ultrassônico. Para a alimentação do sistema, utilizou-se um carregador portátil com saída USB, garantindo autonomia energética durante os testes, porém é possível utilizar uma bateria 9V.

O protótipo, com aproximadamente 600 gramas, foi montado em um tubo de PVC com 96 centímetros de altura, mantendo a estrutura similar à de uma bengala convencional. Todos os módulos foram fixados com fita isolante para garantir estabilidade durante a avaliação dos componentes e testes de integração dos componentes (D).

A Figura 2 ilustra o protótipo finalizado ao custo aproximado de R\$300,00 (trezentos reais), valores considerados em junho de 2024.

A etapa final de análises e testes (E) foram conduzidos nas dependências da UTFPR, Campus Medianeira, especificamente nos corredores e salas do Bloco L1 (laboratórios L11 a L19, Figura 3)).

As avaliações ocorreram sob diferentes condições de luminosidade (dia ensolarado, nublado, luzes acesas e apagadas).

Três impressoras diferentes foram utilizadas para impressão e testes do QrCode: uma Canon Pixma G4110 (jato de tinta), uma HP LaserJet P1505n e uma Brother DCP-L5602DN (laser/toner). A impressora Brother apresentou a melhor qualidade de impressão, seguida pela Canon, enquanto a HP teve o desempenho inferior (Figura 4(a)).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os testes verificou-se que o tamanho e a qualidade da impressão e qualidade não influenciaram significativamente a capacidade de leitura pelo protótipo (Figuras 4(a), 4(b) e 4(c)), foram bem-sucedidas na maioria dos casos.

A Figura 5 apresenta como os testes foram realizados.

A média de tempo para leitura do QR Code e acionamento do alto-falante variou entre 7 e 10 segundos, desde que as condições de luminosidade fossem adequadas. Em ambientes com pouca iluminação, especialmente em dias nublados e com luzes apagadas, observou-se maior dificuldade na leitura, particularmente nos laboratórios localizados no centro do corredor (L12a, L13, L17 e L18) com o tempo médio de 14 segundos. A presença de uma lâmpada oscilando também interferiu no desempenho em condições de baixa luz.

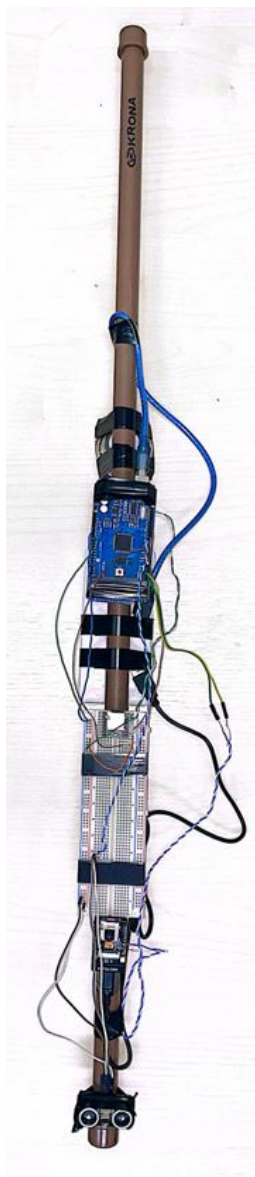


Fig. 2: Protótipo da bengala desenvolvido para um leitor QR Code e Arduino. Fonte: Do autor.

Vale destacar que também havia variação conforme o alinhamento da câmera: quando o enquadramento não estava correto, o tempo de leitura aumentava.

Em testes realizados com lanterna de celular iluminando o QR Code em ambientes escuros, o protótipo conseguiu efetuar a leitura corretamente, demonstrando que a iluminação é um fator crítico para a eficácia do sistema (Figura 6).

Analisando os resultados das Tabelas I e II observa-se a

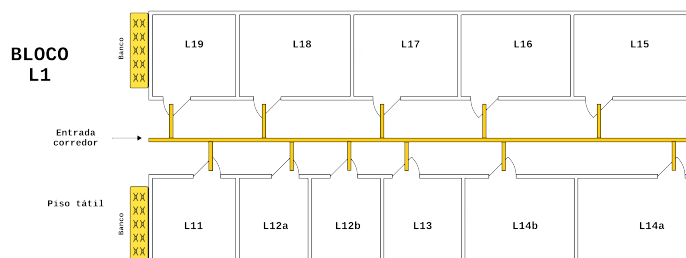


Fig. 3: Planta baixa dos laboratórios do Bloco L1 onde foram realizados os testes. Fonte: Do autor.

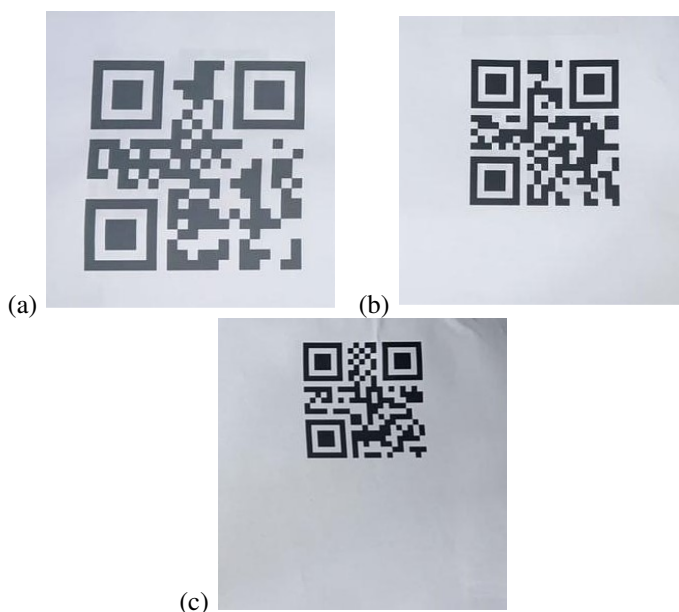


Fig. 4: Impressões do QR Code em tamanhos diferentes: (a) 14x14cm (b) 11x11cm (c) 8x8cm. Fonte: Do autor.

influência direta da iluminação na eficiência da leitura do QR Code pelo protótipo. Em condições de dia nublado (Tabela I), observou-se uma queda no desempenho do sistema: dois ambientes (L13 e L18) não tiveram seus códigos lidos, ambos com iluminação desligada e claridade considerada ruim. Além disso, no laboratório L12, onde a lâmpada estava oscilando e a impressora utilizada foi a HP (de pior qualidade entre as testadas), a leitura foi realizada com maior tempo de resposta, indicando que oscilações na fonte de luz também impactam negativamente.

Por outro lado, em dias ensolarados (Tabela II), o desempenho do protótipo foi otimizado: todos os QR Codes foram lidos com sucesso, independentemente da impressora utilizada ou do estado da lâmpada. Isso sugere que a presença



Fig. 5: Leitura do QrCode com correto alinhamento da câmera por meio do protótipo da bengala. Fonte: Do autor.

de iluminação natural adequada é suficiente para garantir a eficácia do sistema, mesmo quando há variações nas condições artificiais de luz ou na qualidade da impressão.

TABELA I: Teste com o protótipo de bengala em dia nublado

Laboratório	Lâmpada	Claridade	Impressão	Leu
L11	Ligada	Boa	Canon	Sim
L12	Ligada	Oscilando	HP	Sim (demorou)
L13	Desligada	Ruim	Brother	Não
L14	Ligada	Boa	HP	Sim
L15	Desligada	Boa	Brother	Sim
L16	Desligada	Boa	Brother	Sim
L17	Ligada	Boa	HP	Sim
L18	Desligada	Ruim	Canon	Não
L19	Desligada	Boa	HP	Sim

Outro ponto relevante é que, mesmo com diferentes impressoras (Canon, Brother e HP), a leitura foi bem-sucedida sempre que a claridade era adequada. Isso demonstra que a variável “qualidade da impressão” tem menor impacto sobre a funcionalidade do sistema do que a variável “iluminação”.

Portanto, pode-se afirmar que a principal limitação do protótipo está associada à baixa luminosidade do ambiente. Em locais escuros ou com iluminação instável, o desempenho da câmera ESP32-CAM se reduz significativamente, o que pode comprometer a leitura correta do QR Code. Essa limitação reforça a necessidade de melhorias futuras no sistema de

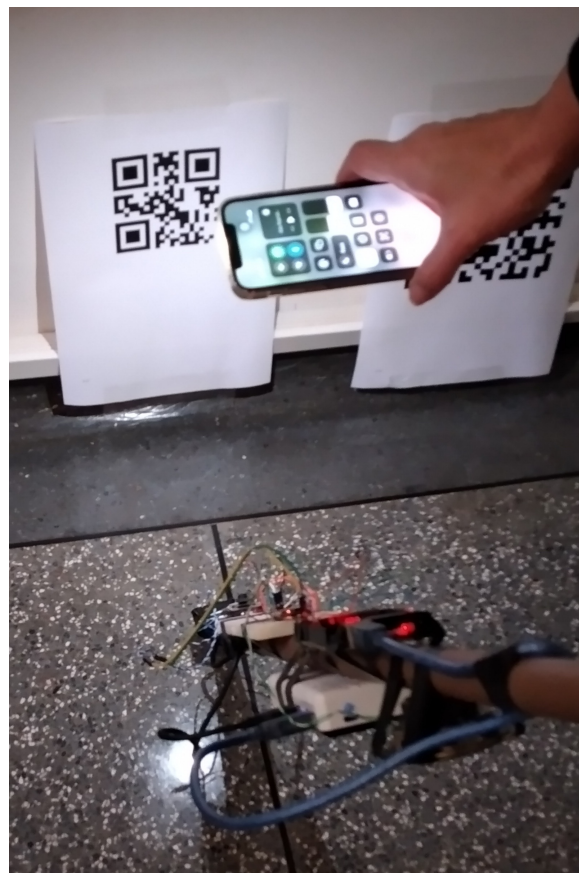


Fig. 6: Leitura dentro do laboratório, escuro utilizando apenas luz de um celular. Fonte: Do autor.

captação de imagem ou na adição de uma fonte de luz auxiliar integrada à bengala.

TABELA II: Teste com o protótipo de bengala em dia ensolarado

Laboratório	Lâmpada	Claridade	Impressão	Leu
L11	Desligada	Boa	Canon	Sim
L12	Desligada	Boa	Canon	Sim
L13	Oscilando	Boa	Canon	Sim
L14	Ligada	Boa	Canon	Sim
L15	Desligada	Boa	Brother	Sim
L16	Oscilando	Boa	Brother	Sim
L17	Ligada	Boa	Brother	Sim
L18	Desligada	Boa	Brother	Sim
L19	Ligada	Boa	Brother	Sim

De modo geral, o protótipo mostrou-se eficiente na identificação dos ambientes por meio da leitura de QR Codes, desde que respeitadas as condições mínimas de iluminação e distância. A integração dos módulos ESP32-CAM e DFPlayer

Mini, alada ao sensor ultrassônico, permitiu uma resposta sonora clara e funcional, promovendo maior acessibilidade e autoatendimento para pessoas com deficiência visual.

Sensores como ultrassom dão distância de obstáculos, mas geralmente não identificam “o que” exatamente está no ambiente [25], [26], [27], [28]. Destaca-se assim que QR codes podem armazenar informação específica de localização ou ambiente (nome do local, instruções, entre outros) se comparados aos sensores. Mesmo que neste caso sejam estáticos e tenham que ser colocados estrategicamente no ambiente (paredes, chão, placas), mantidos visíveis e legíveis podem aumentar a compreensão do local onde se está.

V. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um protótipo de bengala inteligente com leitor de QR Code integrado a um sistema baseado em Arduino. O objetivo foi promover maior acessibilidade e autonomia para pessoas com deficiência visual, permitindo que identifiquem os ambientes por meio de sinalização sonora.

Os testes demonstraram que o protótipo é eficaz na leitura de QR Codes sob diferentes condições de luminosidade, desde que o nível mínimo de luz seja suficiente. A qualidade e o tamanho da impressão do QR Code não influenciaram significativamente na leitura, mas a iluminação inadequada se mostrou um fator crítico para o desempenho do sistema. O tempo médio de resposta entre a leitura do código e a reprodução do áudio foi considerado satisfatório, variando entre 7 e 10 segundos.

O objetivo principal de aumentar a acessibilidade para pessoas com deficiência visual, utilizando recursos de TA de baixo custo e fácil implementação foi cumprido. A bengala manteve características estruturais similares às convencionais, agregando funcionalidades inteligentes sem comprometer sua usabilidade.

Como trabalho futuro, sugere-se além de testes com pessoas com deficiência visual que já façam o uso de uma bengala tradicional, o aprimoramento do sistema de captação de imagem em ambientes com baixa luminosidade, bem como a expansão do número de ambientes sinalizados com QR Codes, ou até mesmo a leitura de placas indicativas em braile. Também um novo estudo integrado com sistemas de geolocalização e comandos por voz, visando ampliar ainda mais a autonomia dos usuários. Testes em outros ambientes internos ou controlados como museus, hospitais, estações de transporte também poderiam ser realizados.

O protótipo desenvolvido representa um apoio maior à mobilidade e orientação de pessoas com deficiência visual em ambientes que possam estar preparados estruturalmente, contribuindo para sua inclusão social e melhoria na qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

- [1] IONA Technologies PLC, *Orbix Programming Reference*, IONA Technologies PLC, Dublin, Ireland, Oct. 1999.
- [2] R. Bersch, “Introdução à tecnologia assistiva,” Universidade Federal do Rio Grande do Norte-RIA-UFRN, Porto Alegre, BRA, Tech. Rep., 2017, [Online] Available: [urlhttps://ria.ufrn.br/jspui/handle/123456789/1059](https://ria.ufrn.br/jspui/handle/123456789/1059). [Accessed: 07-set-2024].
- [3] E. J. Manzini, “Inclusão e acessibilidade,” *Revista da Sobama*, vol. 10, no. 1, pp. 31–36, Dec. 2005, [Online] Available:.
- [4] T. p. s. Nascimento, “Tecnologia assistiva: técnica de comunicação no processo de reconhecimento de cegos em manaus,” *Universidade Federal do Amazonas Biblioteca Digital de Teses e Dissertações*, pp. 1–81, Jun. 2019, [Online] Available:.
- [5] IBGE. (2025) Panorama censo 2022. instituto brasileiro de geografia e estatística. [Online] Available: [urlhttps://censo2022.ibge.gov.br/panorama/](https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/). [Accessed 08-jul-25].
- [6] M. Gil, “Tecnologia assistiva e deficiência: avaliação clínica e resultados funcionais,” *Brasília : MEC. Secretaria de Educação a Distância*, vol. 1, no. ISSN 1518-4692, pp. 1–40, 2000, [Online]. Available: [urlhttps://pesquisa.bvsalud.org/enfermeria/resource/pt/biblio-1053488](https://pesquisa.bvsalud.org/enfermeria/resource/pt/biblio-1053488). [Accessed 12-dez-24].
- [7] C. B. Valentini, C. A. Bisol, L. D. S. Paim, and A. P. F. Ehlers, “Educação e deficiência visual: uma revisão de literatura,” *Revista Educação Especial*, vol. 32, pp. 1–20, Jan. 2019, [online]. Available: [urlhttps://iparadigma.org.br/biblioteca/educacao-e-deficiencia-visual-uma-revisao-de-literatura/](https://iparadigma.org.br/biblioteca/educacao-e-deficiencia-visual-uma-revisao-de-literatura/). [Accessed 12-dez-24].
- [8] V. Trujillo Mora, E. González Jaimes, A. López Chau, and J. Bautista López, “Análise da utilidade da bengala branca inteligente para pessoas com deficiência visual,” *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 11, no. 22, 2021, [Online]. Disponível em: [urlhttps://doi.org/10.23913/ride.v11i22.897](https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.897). [Accessed: 22-mar-2024].
- [9] S. d. P. Arruda, “Acessibilidade no cotidiano de pessoas com deficiência visual,” *Revista @mbienteeducação*, vol. 1, no. 2, pp. 113–121, Dec. 2008, [Online]. Available: [urlhttps://publicacoes.unicid.edu.br/index.php/ambienteeducacao/article/](https://publicacoes.unicid.edu.br/index.php/ambienteeducacao/article/). [Accessed 07-set-24].
- [10] K. Cezario and L. Pagliuca, “Tecnologia assistiva em saúde para cegos : Enfoque na prevenção de drogas,” *Dissertação (Mestrado em Estudos Culturais) - Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Université de São Paulo*, pp. 677–681, Dec. 2007, [Online] Available: [urlhttps://doi.org/10.1590/S1414-81452007000400019](https://doi.org/10.1590/S1414-81452007000400019). [Accessed: 02-nov-2022].
- [11] D. Silva, E. Leite, G. C. Shimizu, and M. Fioravanti, “Acessibilidade em computadores e seu impacto na sociedade,” *Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – Universidade de São Paulo (USP) São Carlos*, pp. 1–10, May 2010, [Online] Available: [urlhttp://wiki.icmc.usp.br/images/8/8c/SCC0207-CristinaGrupo1Artigo.pdf](http://wiki.icmc.usp.br/images/8/8c/SCC0207-CristinaGrupo1Artigo.pdf). [Accessed : 18 – oct – 2022].
- [12] E. Lourenco, S. Fidalgo, C. Malheiro, and S. Campos, “Acessibilidade para estudantes com deficiência visual,” *Universidade Federal De São Paulo*, pp. 1–38, 2020, [Online] Available: [urlhttps://acessibilidade.unifesp.br/images/PDF/Ebook-Colecao-DV01-2020.pdf](https://acessibilidade.unifesp.br/images/PDF/Ebook-Colecao-DV01-2020.pdf). [Accessed: 17-set-2022].
- [13] O. M. d. S. OMS, “Relatório mundial sobre a visão,” *American journal of physical medicine rehabilitation / Association of Academic Physiatrists*, pp. 1–188, 2021, [Online] Available: [urlhttps://www.who.int/docs/default-source/documents/publications/world-vision-report-accessible.pdf](https://www.who.int/docs/default-source/documents/publications/world-vision-report-accessible.pdf). [Accessed: 18-set-2022].
- [14] D. Prasetyo, “Lkp: Notifikasi suara deteksi jarak aman menggunakan dfplayer mini mp3,” Ph.D. dissertation, Universitas Dinamika, 2022, [Online] Available:<http://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/6178>. [Accessed: 21-apr-2024].
- [15] G. Machado, I. Oliveira, W. Urquiza, S. Shimano, and N. Lopez, “Avaliação do equilíbrio, postura e qualidade de vida de

- deficientes visuais,” *Universidade Federal Do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais*, pp. 41–45, 2019, [Online] Available: [urlhttps://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/aces/article/view/3498](https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/aces/article/view/3498). [Accessed: 15-nov-2022].
- [16] W. Silva, G. Mól, and R. Santana, “Os recursos tecnológicos e de acessibilidade para a pessoa com deficiência visual,” *Universidade de Brasília*, pp. 277–286, 2019, [Online] Available: [urlhttps://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7340019](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7340019). [Accessed: 09-oct-2022].
- [17] J. Souza, “Cegueira, acessibilidade e inclusão: Aparentamentos de uma trajetória,” *Universidade Federal da Paraíba*, pp. 564–571, 2018, [Online] Available: [urlhttps://www.scielo.br/j/pcp/a/dR3gyL48vfh6NynF9bK8BK/](https://www.scielo.br/j/pcp/a/dR3gyL48vfh6NynF9bK8BK/). [Accessed: 14-sep-2022].
- [18] BRASIL. (2015) Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência. instituto brasileiro de geografia e estatística. [Online] Available: [urlhttps://www.planalto.gov.br/ccivil03/_ato2015_2018/2015/lei/l13146.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil03/_ato2015_2018/2015/lei/l13146.htm). [Accessed 08jul25].
- [19] R. Miranda and J. L. A. P. Pereira, “Apostilas pet-tele,” pp. 1–32, 2021, [Online] Available: [urlhttps://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/apostilas/RaspberryPi.pdf](https://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/apostilas/RaspberryPi.pdf). [Accessed: 04-feb-2024].
- [20] T. Queiroz, M. Sousa, and S. Queiroz, “Sinalizador sonoro de distância para deficientes visuais com sensor ultrassônico hc-sr04,” *Universidade Federal Rural do Semi-árido*, vol. 5, pp. 1–10, Jun. 2022, [Online] Available: [urlhttps://doi.org/10.21708/issn27635325](https://doi.org/10.21708/issn27635325). [Accessed: 02-nov-2022].
- [21] G. E. Moore, “Readings in computer architecture,” 2000, [Online] Available: [urlhttp://dl.acm.org/citation.cfm?id=333067.333074](http://dl.acm.org/citation.cfm?id=333067.333074). [Accessed 21-ago-2013].
- [22] R. Costa, M. Volkmer, S. S. Souza, and F. Lima, “Desenvolvimento de uma bengala automatizada utilizando arduino para deficientes visuais,” *Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação*, vol. 18, no. 1, pp. 1–14, 2020, [Online]. Available: [urlhttps://seer.ufrgs.br/index.php/reic/article/view/94242](https://seer.ufrgs.br/index.php/reic/article/view/94242). [Accessed 22 mar 22].
- [23] N. Setiawan, “Otomasi pencampur nutrisi hidroponik sistem ntf (nutrient film technique) berbasis arduino mega 2560,” *Jurnal Teknik Informatika UNIKA Santo Thomas*, vol. 3, no. 2, pp. 78–82, 2018, [Online] Available: [urlhttps://ejournal.ust.ac.id/index.php/JTIUST/article/view/292](https://ejournal.ust.ac.id/index.php/JTIUST/article/view/292). [Accessed: 04-feb-2024].
- [24] C. d. S. Takahashi, “A matemática dos códigos de barras,” pp. 1–19, 2013, [Online] Available: [urlhttps://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/a64df44b-2bd6-4b38-b718-8baf0ca182a7/content](https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/a64df44b-2bd6-4b38-b718-8baf0ca182a7/content). [Accessed: 08-oct-2022].
- [25] M. Husin and Y. Lim, “Inwalker: smart white cane for the blind,” *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, vol. 15, no. 6, pp. 701–707, 2020, [Online]. Available: [urlhttps://doi.org/10.1080/17483107.2019.1615999](https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1615999). [Accessed 03 apr 24].
- [26] W. Kazi, T. Limu, and M. Rakibuzzaman, “Smart cane: A low cost assistive device for the visually impaired,” *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*, vol. 8, no. 4, 1 2023, [Online]. Available: [urlhttps://eudl.eu/doi/10.4108/eetiot.v8i4.1707?utm_source=chatgpt.com](https://eudl.eu/doi/10.4108/eetiot.v8i4.1707?utm_source=chatgpt.com). [Accessed 01 – oct – 25].
- [27] Y. Shiizu, Y. Hirahara, K. Yanashima, and K. Magatani, “The development of a white cane which navigates the visually impaired,” *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.*, 2007, [Online]. Available: [urlhttps://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18003130/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18003130/). [Accessed 01-oct-25].
- [28] A. Idrees, Z. Iqbal, and M. Ishfaq, “An efficient indoor navigation technique to find optimal route for blinds using qr codes,” in *2015 IEEE 10th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*. IEEE, Jun. 2015, p. 690–695, [Online]. Available: [urlhttps://arxiv.org/abs/2005.14517](https://arxiv.org/abs/2005.14517). [Accessed 07-sep-23]. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1109/ICIEA.2015.7334197>