

## **Design e bengala: estudos empíricos em usabilidade e avanços tecnológicos**

Ana Laura Alves

Universidade Estadual Paulista - UNESP

<http://lattes.cnpq.br/3384540067401650>

[ana.laura-alves@unesp.br](mailto:ana.laura-alves@unesp.br)

Allisson José Fernandes de Andrade

Universidade Estadual Paulista - UNESP

<http://lattes.cnpq.br/0947515259106059>

[allisson.andrade@unesp.br](mailto:allisson.andrade@unesp.br)

Fausto Orsi Medola

Universidade Estadual Paulista - UNESP

<http://lattes.cnpq.br/6962871803093697>

[fausto.medola@unesp.br](mailto:fausto.medola@unesp.br)

---

### **Resumo:**

Apesar dos avanços tecnológicos nos pós-guerras em dispositivos assistivos para pessoas com deficiência visual, observa-se uma contínua demanda dos usuários por melhores e/ou novos produtos em função de suas atividades diárias. Neste contexto, o presente estudo apresenta uma revisão crítica de estudos avaliando o uso de bengalas indexados na Scopus e na PubMed. Realizou-se uma análise bibliométrica para compreensão das características gerais da produção científica e uma síntese qualitativa dos artigos completos selecionados (n = 9). A partir dos resultados, notou-se que ainda há uma lacuna de inovações projetuais e tecnológicas entre os modelos disponíveis no mercado e os propostos pelas pesquisas científicas. Outrossim, observou-se baixa representatividade de países latino-americanos no conjunto de estudos selecionados, com exceção do Brasil. O presente estudo pode contribuir para a investigação teórica e prática de designers e profissionais que trabalham com a criação e avaliação de dispositivo assistivo de mobilidade para pessoas com deficiência visual.

### **Palavras-chave:**

Bengala; Pessoas com deficiência visual; Mobilidade; Tecnologia Assistiva; Design

### **Eixo temático:**

Design, materiais e tecnologias

## ***Design and white cane: national market, empirical studies in usability and technological advances***

### **Abstract:**

*Despite the post-war technological advances in assistive devices for people with visual impairment, users continuously demand better and/or new products for their daily activities. In this context, the present study presents a critical review of studies evaluating the use of canes indexed in Scopus and PubMed. A bibliometric analysis was performed to understand the general characteristics of the scientific production and a qualitative synthesis of the selected full articles (n = 9). From the results, it was noted that there still needs to be a gap in design and technological innovations between the models available in the market and those proposed by scientific research. Furthermore, except for Brazil, Latin American countries were not represented in the set of selected studies. This study may contribute to the theoretical and practical investigation of designers and professionals who work with the creation and evaluation of assistive mobility devices for people with visual impairment.*

### **Keywords:**

*White cane; Visually impaired people; Mobility; Assistive technology; Inclusive design*

## 1 Introdução

Com base em dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), o Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO) publicou um documento estimando que cerca de 246 milhões de pessoas foram diagnosticadas com perda moderada ou severa da visão, sendo 39 milhões com cegueira, em todo o mundo. No Brasil, estima-se que uma prevalência de cegueira em 0,75% da população nacional (CBO, 2019) e cerca de 4 milhões de pessoas com deficiência visual severa (LB, 2020). Segundo Hoffmann (2010), restrições do sistema visual podem provocar cumulativamente limitações motoras, afetivas, sociais e cognitivas do indivíduo. Dessa maneira, o desempenho e/ou a execução de tarefas rotineiras podem ser afetados em níveis diferentes, em função do comprometimento visual.

Para a realização das atividades diárias, diversos conteúdos, técnicas e metodologias são associados para desenvolver e refinar habilidades intelectuais, emocionais, manipulativas e senso perceptivo necessários para o desempenho das atividades diárias das pessoas com deficiência visual (HOFMANN, 2010). No contexto da locomoção, o controle motor da marcha é uma tarefa complexa que envolve mecanismos internos, informações sensoriais externas (HALLEMANS *et al.*, 2010; REYNARD, TERRIER, 2015) e o uso de instrumentos e estratégias compensatórias para auxiliar na identificação dos obstáculos e de pessoas, bem como na orientação espacial para o deslocamento de forma segura e eficiente (CUTURI *et al.*, 2016; LUGLI *et al.*, 2016).

Diversos dispositivos de auxílio à navegação podem ser utilizados para minimizar as limitações, situações de constrangimento, de perigo ou acidente durante o deslocamento, como as bengalas (HOFMANN, 2010; KILIAN, 2022). A bengala pode ainda ser utilizada associada a outras estratégias de mobilidade, como a autoproteção, o cão-guia, um guia vidente ou dispositivos eletrônicos auxiliares (FELIPPE, 2018). A escolha do modelo a ser receitado varia de acordo com a necessidade do usuário e de sua condição socioeconômica. De acordo com Cerqueira (2011), a bengala é um produto que está presente na rotina da pessoa com deficiência visual, e seus recursos possibilitam: a) garantia do direito de ir e vir; b) preservação da privacidade; c) execução de tarefas com autonomia; d) cumprimento de compromissos sociais e profissionais; e) segurança no caminhar; e f) preservação da integridade física.

Conhecida também como “bengala branca”, esse dispositivo assistivo fabricado em alumínio, dobrável e com estrutura interna elástica, é ainda o mais comum e acessível para as pessoas com deficiência visual (SANTOS, 2021). Outra bengala convencional disponível no mercado é a telescópica, que possui estrutura formada por componentes que se alinham internamente, em formato cônico. Pode ser fabricada em fibra de carbono, o que a torna mais leve e previne deformações devido ao uso (comuns em bengalas de alumínio e fibra de vidro). Além destes dispositivos convencionais, há alternativas com recursos tecnológicos mais avançados e melhores condições de orientação e locomoção da pessoa com deficiência visual. Nesse contexto, destacam-se as bengalas eletrônicas, que buscam escanear o ambiente percorrido por meio de tecnologias avançadas, como sensores ultrassônicos, sonares, sinais de rádio, infravermelho e sistema de posicionamento global (GPS) (ELMANNAI; ELLEITHY, 2017). Segundo Felipe (2018), a bengala eletrônica pode ser considerada como uma extensão tátil-cinestésica que possibilita ao usuário acessar uma diversidade de informações tal qual poderia ter ao caminhar tocando a mão no solo. Ainda para o pesquisador, este tipo de bengala é eficiente na prevenção de choques contra objetos ou pessoas que estejam na linha de caminhada da pessoa com deficiência visual.

Desde os anos 1990, houve um crescimento nas opções de escolha das bengalas longas e seus componentes (empunhaduras, pontas, hastes e revestimentos). Pessoas com deficiência visual e instrutores de Orientação e Mobilidade (OM) têm uma gama de escolha maior do que nunca, seja no design das bengalas como nos materiais com os quais são construídas. Essa diversidade propicia a possibilidade de design de bengalas que correspondam às preferências de um usuário com deficiência visual (AMBROSE-ZAKEN, 2005). Sendo assim, o presente estudo teve como objetivos: i) compreender o panorama dos estudos empíricos publicados e indexados nas bases de dados Scopus e PubMed; ii) identificar as características desses estudos; e iii) explorar os achados científicos e os desafios tecnológicos associados ao tema.

## 2 Metodologia

Para realizar o levantamento dos estudos empíricos sobre o design de bengalas e seu uso, a partir dos resultados de busca nas bases Scopus e PubMed, executou-se uma análise bibliométrica para visualizar o panorama da área e uma síntese qualitativa dos artigos selecionados para compreender as suas contribuições científicas. Neste estudo, a análise bibliométrica foi realizada por meio da distribuição temporal das publicações, do índice de citação dos artigos selecionados, países e instituições com mais publicações, instituições, análise de cocitação e co-ocorrência de palavras-chave. Segundo Leydesdorff e Vaughan (2006), a análise de cocitação pode identificar inter-relações de uma área do conhecimento, como base teórica, temas centrais de pesquisa e autores mais influentes. As pesquisas foram realizadas entre dezembro de 2022 e março de 2023.

### 2.1 Procedimentos de pesquisa

Uma pesquisa preliminar foi realizada na base de dados Scopus, na qual se encontrou apenas oito estudos; apontando para a necessidade de refinar as palavras-chaves para o levantamento bibliográfico. Com base na leitura destes estudos e de outras fontes, definiu-se alguns termos para serem consultados no MeSH (*Medical Subject Headings*) e posteriormente, elaborar uma estratégia de busca mais adequada para o levantamento dos estudos científicos de interesse. A partir dos descritores encontrados no MeSH, a estratégia de busca foi aprimorada e verificada quanto ao limite do número de descritores e operadores booleanos das bases de dados selecionadas (Quadro 1). Vale dizer que, cada base de dados possui uma configuração específica para a escrita da estratégia de busca, algo considerado pelos autores do presente estudo.

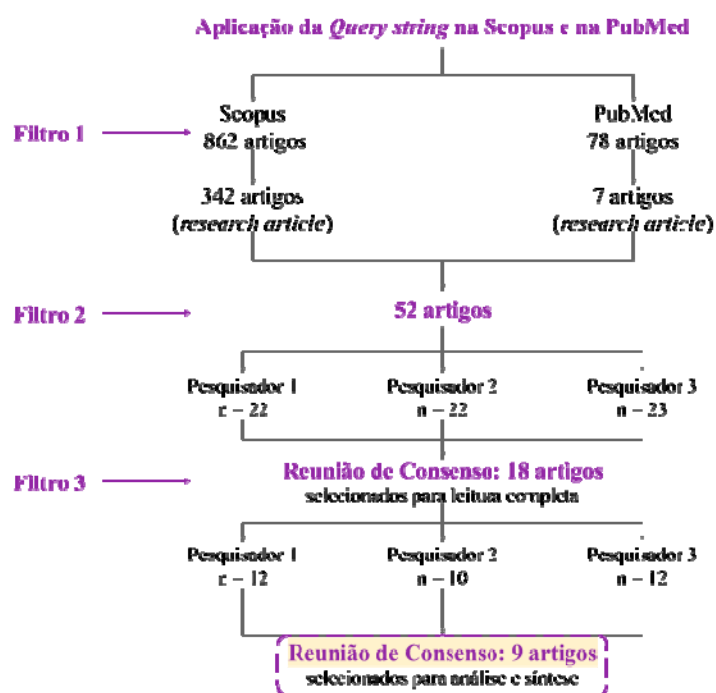
|                                        |                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Query string 1<br/>(preliminar)</b> | ("white cane" OR "walking stick") AND "visual impaired" AND ("product design" OR "assistive technology")                                                                                                   |
| <b>Query string 2<br/>(final)</b>      | <b>Scopus</b> ("cane" OR "walking stick") AND ("visual impaired" OR "visual impairment" OR "vision disability" OR "vision disorder") AND ("assistive technology" OR "assistive device" OR "device design") |
|                                        | <b>PubMed</b> ((cane) OR (walking stick)) AND ((visual impaired) OR (visual impairment) OR (vision disability) OR (vision disorder)) AND ((assistive technology) OR (assistive device) OR (device design)) |

**Quadro 1:** Evolução da formulação textual da estratégia de busca (*query string*)

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Para o processo de seleção dos artigos científicos de interesse (Figura 1), definiu-se como critérios de seleção os seguintes filtros: **Filtro 1:** artigos completos publicados em periódicos, sendo do tipo *research article* nos idiomas inglês e português; **Filtro 2:** leitura de títulos e resumos - estudos relacionados a projeto e uso ou avaliação de bengala dentro do recorte temporal de 2010 a 2023; **Filtro 3:** leitura dos artigos completos - estudos empíricos relacionados a avaliação da usabilidade/uso da bengala, seja de bengalas (e componentes) existentes no mercado ou comparações entre essas e novas propostas com inovações tecnológicas. Portanto, não foram incluídos estudos que reportam apenas o projeto de bengalas ou componentes a serem acoplados, sem avaliação de uso. No item 3.3, a sequência de apresentação dos estudos selecionados foi construída a partir do agrupamento temático e cronológico.

No que concerne à análise de dados, desenvolveu-se uma análise descritiva dos dados quantitativos (média e desvio padrão) e dos dados qualitativos extraídos dos artigos com o auxílio dos softwares Microsoft Excel e VOSviewer. A organização e seleção dos estudos foram executadas no software Mendeley.



**Figura 1:** Fluxograma do processo de seleção dos artigos científicos

**Fonte:** Elaborada pelos autores

### 3 Resultados e Discussão

Com base nos estudos avaliados, bengalas que oferecem funções associadas a detecção de obstáculos ou de outros tipos de informação ambiental podem facilitar a mobilidade e a segurança de pessoas com deficiência visual.

#### 3.1 Caracterização dos estudos selecionados

O ano médio de publicação dos estudos selecionados foi de 2016,1 ( $dp \pm 4,5$ ), o que demonstra que ao longo de recorte temporal delimitado (2010 a 2023), houve o desenvolvimento e publicação de pesquisas em periódicos internacionais (Quadro 2). No presente estudo, os anos com mais publicações foram 2012 e 2021, com ênfase em pesquisas de avaliação de produto.

| Nº | Ano  | Periódico                                     | Título                                                                                                                                                 | Autores                                                                                                                         |
|----|------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2010 | Human Factors                                 | Ergonomic Factors Related to Drop-Off Detection With the Long Cane: Effects of Cane Tips and Techniques                                                | Dae Shik Kim, Robert S. Wall Emerson e Amy B. Curtis                                                                            |
| 2  | 2012 | Assistive Technology                          | User Evaluation of Two Electronic Mobility Aids for Persons Who Are Visually Impaired: A Quasi-Experimental Study Using a Standardized Mobility Course | Uta R. Roentgen, Gert Jan Gelderblom e Luc P. de Witte                                                                          |
| 3  | 2012 | Journal of Medical and Biological Engineering | Evaluation of electronic haptic device for blind and visually impaired people: A case study                                                            | Alejandro Rafael Garcia Ramirez, Renato Fonseca Livramento da Silva, Milton José Cinelli e Alejandro Durán Carrillo de Albornoz |
| 4  | 2014 | Applied Ergonomics                            | Assessment of a simple obstacle detection device for the visually impaired                                                                             | Cheng-Lung Lee, Chih-Yung Chen, Peng-Cheng Sung e Shih-Yi Lu                                                                    |
| 5  | 2015 | Journal of Engineering in Medicine            | Wearable Virtual White Cane Network for navigating people with visual impairment                                                                       | Yabiao Gao, Rahul Chandrawanshi, Amy C. Nau e Zion Tsz Ho Tse                                                                   |
| 6  | 2018 | Disability, CBR and Inclusive Development     | Competencies of Students with Visual Impairment in using the White Cane in their Learning Environment: a Case Study at Wenchi Senior High in Ghana     | Frank Twum, Wisdom Kwadwo Mprah, Anthony Kwaku Edusei, Joseph Ampratwum e Isaac Adu Gyamfi                                      |
| 7  | 2021 | Universal Access in the Information Society   | Are electronic white canes better than traditional canes? A comparative study with blind and blindfolded participants                                  | Aline Darc Piculo dos Santos, Fausto Orsi Medola, Milton José Cinelli, Alejandro Rafael Garcia Ramirez e Frode Eika Sandnes     |
| 8  | 2021 | Science Robotics                              | Multimodal sensing and intuitive steering assistance improve navigation and mobility for people with impaired vision                                   | Patrick Slade, Arjun Tambe e Mykel J. Kochenderfer                                                                              |
| 9  | 2022 | Sensors                                       | The Unfolding Space Glove: A Wearable Spatio-Visual to Haptic Sensory Substitution Device for Blind People                                             | Jakob Kilian, Alexander Neugebauer, Lasse Scherffig e Siegfried Wahl                                                            |

**Quadro 2:** Informações dos artigos selecionados para a análise

**Fonte:** Elaborada pelos autores

De acordo com o Google Scholar Citations, todos os estudos selecionados foram citados ao menos uma vez (Quadro 3). A média de citação foi igual a 21,9, com desvio padrão de 15,5, um valor alto que evidencia uma diferença considerável entre os estudos. Até o momento (abril/2023), os três estudos mais citados foram Santos *et al.* (2021) (nº 7), Roentgen *et al.* (2012) (nº 2) e Lee *et al.* (2014) (nº 4), em ordem decrescente. Neste contexto, pode-se observar no Quadro 4 que Brasil e Estados Unidos da América (EUA) foram os países proeminentes, com 2 e 3 publicações, respectivamente. Esses dados levantam a hipótese de que esses países podem ter mais tradição na pesquisa do uso e/ou de desenvolvimento de bengalas para pessoas com deficiência visual, embora a amostra de estudos analisados seja restrita aos anos entre 2010 e 2023. Com relação às áreas temáticas dos periódicos, notou-se uma prevalência das áreas da saúde, da tecnologia assistiva e da ergonomia.

| Nº | País          | Filiação institucional                                                                                  | Periódico                                     | Citações |
|----|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------|
| 1  | EUA           | Western Michigan University                                                                             | Human Factors                                 | 17       |
| 2  | Holanda       | Zuyd University e Maastricht University                                                                 | Assistive Technology                          | 39       |
| 3  | Brasil e Cuba | Univali, Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal de Santa Catarina e University of Havana | Journal of Medical and Biological Engineering | 22       |
| 4  | Taiwan        | Chaoyang University of Technology e Chung Shan Medical University                                       | Applied Ergonomics                            | 36       |
| 5  | EUA           | University of Georgia                                                                                   | Journal of Engineering in Medicine            | 17       |

Quadro 3 - Informações dos artigos selecionados para a análise

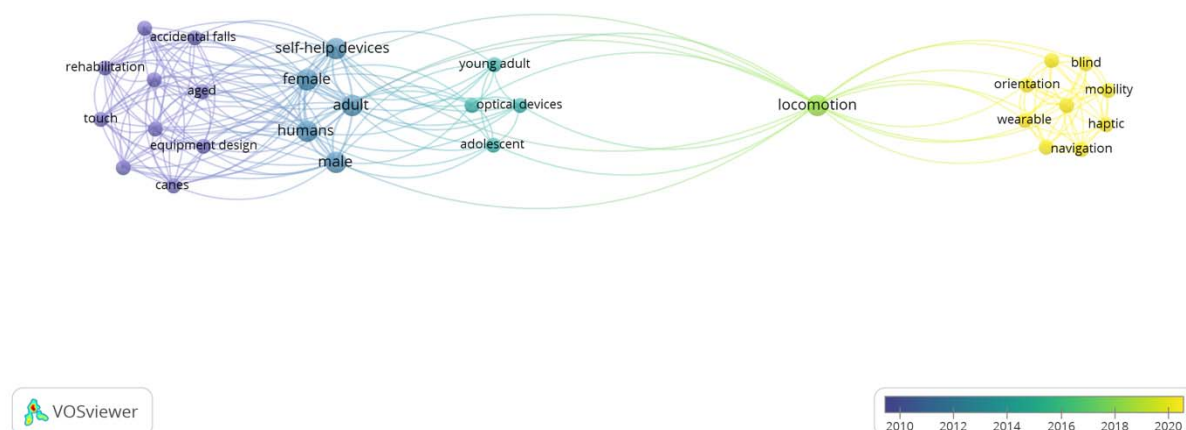
(continuação)

|   |                  |                                                                                                                                               |                                             |    |
|---|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----|
| 6 | Gana             | Kwame Nkrumah University of Science and Technology                                                                                            | Disability, CBR and Inclusive Development   | 1  |
| 7 | Brasil e Noruega | Universidade Estadual Paulista, Universidade Federal de Santa Catarina, Univali, Oslo Metropolitan University e Kristiania University College | Universal Access in the Information Society | 46 |
| 8 | EUA              | Stanford University                                                                                                                           | Science Robotics                            | 15 |
| 9 | Alemanha         | Köln International School of Design, Carl Zeiss Vision International GmbH e Eberhard-Karls-University Tübingen                                | Sensors                                     | 4  |

**Quadro 3:** Informações dos artigos selecionados para a análise

**Fonte:** Elaborada pelos autores

A análise de cocitação não identificou conexão entre os referenciais bibliográficos dos estudos analisados. Segundo Leydesdorff e Vanghan (2006) e Waltman *et al.* (2010), não se deve presumir que haja uma fundamentação teórica comum entre os artigos de uma mesma área temática. Entretanto, acredita-se ainda ser necessário uma investigação mais aprofundada, pois todos os estudos selecionados têm índices de citação importantes (Quadro 3). Por sua vez, a análise de co-ocorrência das palavras-chaves revelou a formação de cinco agrupamentos e uma mudança no uso das palavras-chaves ao longo do tempo (2010 – 2023) (Figura 2). Interessante observar o impacto da evolução tecnológica no tipo de produto avaliado (ex.: *equipment design* → *wearable*) na relação deste com o usuário (ex.: *rehabilitation* → *mobility*; *aged* → *young adult* → *blind*).



**Figura 2:** Rede entre palavras-chaves gerada na análise de co-ocorrência no VOSviewer

**Fonte:** Elaborada pelos autores

### 3.2 Principais contribuições científicas dos estudos selecionados

As pesquisas nas bases de dados resultaram um total de 940 artigos, sendo 862 na Scopus e 78 na PubMed. Após a aplicação dos três filtros de seleção descritos no item 2.1, foram selecionados nove estudos para a análise e síntese qualitativa. Os estudos de Kim *et al.* (2010), Roentgen *et al.* (2012), Twum *et al.* (2018) e Santos *et al.* (2021) descrevem desenhos experimentais para a avaliação de bengalas disponíveis para a realização dos testes. Por outro lado, os estudos de Ramirez *et al.* (2012), Lee *et al.* (2014), Gao *et al.* (2015), Slade *et al.* (2021) e Kilian *et al.* (2022) reportam o desenvolvimento de propostas de bengalas com inovações tecnológicas e avaliações comparativas destas com modelos existentes no mercado.

Em 2010, Kim, Emerson e Curtis desenvolveram um estudo com bengala de cano longo com enfoque na detecção de degraus com profundidades diferentes, no qual houve a combinação de duas variáveis independentes: tipo de ponta da bengala (ponteira roller e marshmallow) e técnica de detecção de declive (contacto constante e toque de dois pontos). O objetivo do estudo foi verificar como essas variáveis se influenciam e por consequente, qual seu efeito sobre a identificação de declives. Apesar de haver quatro possíveis combinações, Kim *et al.* (2010) não testaram ponto de marshmallow com a técnica de toque de dois pontos, pois este tipo de ponteira não possui peso (g) adequado. Portanto, as condições testadas foram: 1) contato constante com ponta de marshmallow, 2) contato constante com ponta roller, e 3) toque de dois pontos com ponta de marshmallow. Participaram dos testes 17 indivíduos cegos sem quaisquer outras deficiências. Todos os participantes usaram os dois modelos de ponteira e de técnica durante um mês para familiarização. Durante os testes, cada participante utilizou uma máscara para dormir (tapa olhos) e fones de ouvido conectados a um MP3 player para sincronizar sua marcha com as batidas rítmicas do som (90 a 110 batidas por minuto). O ambiente do teste foi um corredor de 2,4 metros de largura e 9,8 metros de comprimento com seis plataformas de madeira compensada acarpetada para simular degraus (2,5 cm, 7,6 cm, 12,7 cm, 17,8 cm). Vale ressaltar que as plataformas foram aleatorizadas para cada um dos testes. Para a comparação das variáveis independentes, avaliou-se a taxa de detecção pela divisão do número total de detecções pelo número total de ensaios para cada profundidade de degrau. Segundo Kim *et al.* (2010), os resultados indicaram que a técnica de contato constante usada com a ponta do rolo de marshmallow/*marshmallow roller tip* (percebida como uma ponta menos vantajosa) foi configuração mais eficaz do que a técnica de toque de dois pontos usada com a ponta de marshmallow/*marshmallow tip* (percebida como uma ponta mais vantajosa) na detecção de declives ( $p < 0.001$ ).

Diferente do modelo de bengala avaliado por Kim e colaboradores (2010), Roentgen, Gelderblom e Witte (2012) elaboraram um experimento para avaliar uma bengala do tipo UltraCane e o Miniguide, sendo que este foi utilizado em conjunto com uma bengala comum. A UltraCane e o Miniguide são Dispositivos Eletrônicos de Mobilidade com a finalidade de detectar obstáculos e auxiliar na orientação do usuário. Outro aspecto de diferenciação entre os estudos de Kim *et al.* (2010) e

Roentgen *et al.* (2012) é o tempo de familiarização dos participantes com os produtos a serem avaliados. No estudo de 2012, os participantes receberam orientação e treinamento ao longo de um único dia, sendo que dois participantes da amostra ( $n=8$ ; deficiência visual severa) utilizavam apenas cão-guia para a sua orientação. Vale ressaltar que os participantes desempenharam a atividade proposta com a UltraCane e o Miniguide, como também com os seus próprios recursos (bengala comum e cão-guia) para grupo controle. O objetivo do estudo foi o de comparar a usabilidade dos dispositivos por meio do desempenho (tempo, percentagem de velocidade de marcha preferida (PPWS), tipo e número de incidentes) e da satisfação com relação a função, eficácia e características específicas. Roentgen *et al.* (2012) dividiram o teste de usabilidade em duas partes: 12 obstáculos em quatro formas e tamanhos diferentes foram colocados a três alturas distintas: do joelho à cintura (50-100 cm); da cintura ao ombro (100-150 cm); e do ombro e da cabeça (150 cm e acima). Num momento posterior, foram utilizados obstáculos reais (cadeiras, mesas, pinturas num cavalete e uma máquina de copiar). Os resultados sugerem que a UltraCane e o Miniguide foram avaliados positivamente quanto a satisfação e foram eficazes, bem como o número médio de incidentes diminuiu. Entretanto, a velocidade de marcha e o PPWS decaíram ao comparar com os resultados da bengala comum.

O estudo de Twum *et al.* (2018) teve como objetivo investigar o uso de bengalas brancas por estudantes do ensino médio, em uma escola no país de Gana, com 60 alunos com deficiência visual, porém a amostra foi composta por 35 indivíduos, selecionados de forma aleatória por meio do Stata “sample 58”, sendo 2/3 deles do gênero masculino. Foi realizado um estudo de caso de abordagem quali-quantitativa, cujos resultados indicaram que os indivíduos possuem mais facilidade para posicionar e movimentar a bengala, porém, apresentam dificuldades em identificar obstáculos. Além disso, a falta de adequação do ambiente escolar aos indivíduos também foi considerada um problema, uma vez que são necessários recursos humanos e materiais específicos para que o ambiente seja de fato inclusivo.

Em conformidade aos estudos apresentados anteriormente, Santos *et al.* (2021) realizaram um estudo que contou com a participação de pessoas com deficiência visual (10 participantes) e pessoas sem deficiência (31 participantes), comparando uma bengala eletrônica baseada em ultrassom com uma bengala branca tradicional. Ainda, o estudo teve como objetivo verificar as potenciais diferenças de desempenho com a bengala entre os dois grupos de participantes, com o pressuposto de que a substituição de usuários com deficiência visual em experimentos com a bengala branca por usuários videntes é imprecisa, já que usuários com deficiência visual teriam um melhor desempenho com a bengala devido à experiência prática. Além disso, buscou avaliar se uma bengala eletrônica que fornece pistas adicionais sobre obstáculos acima da linha da cintura representa uma melhoria em relação à bengala branca tradicional. Vale também ressaltar que a bengala eletrônica foi desenvolvida em território nacional.

Desta forma, foram realizados dois experimentos, sendo que o primeiro contou somente com indivíduos sem deficiência visual, com o objetivo de obter a velocidade de caminhada preferida (PWS) em diferentes condições. Por sua vez, o experimento dois envolveu os dois tipos de usuários e um teste de caminhada com sete obstáculos, dois obstáculos suspensos no teto e cinco no solo. O objetivo era comparar o desempenho dos dois tipos de bengalas e grupos de participantes. Os testes realizados por Santos *et al.* (2021), como esperado, mostraram que a ausência de visão reduziu a velocidade de caminhada entre os participantes sem deficiência visual. A velocidade de caminhada observada foi mais lenta com as bengalas em comparação com a não utilização de bengalas entre os indivíduos vendados. Em relação à detecção de obstáculos, os resultados puderam confirmar que a bengala eletrônica pode detectar a maioria dos obstáculos suspensos que não podem ser detectados pela bengala branca. Todavia, acerca dos obstáculos no solo, não foram encontradas diferenças muito significativas entre os dois tipos de bengalas ou entre os grupos de participantes, embora os participantes vendados tenham tido um desempenho melhor do que os participantes com deficiência visual nesse quesito.

Quanto ao desenvolvimento de novos produtos, o estudo de Ramirez *et al.* (2012) propõe uma bengala eletrônica para auxiliar na mobilidade de indivíduos cegos ou com baixa visão, com ênfase na detecção de obstáculos acima da cintura. A presença dos obstáculos é informada ao usuário por meio

de vibrações, que se tornam mais intensas conforme o produto se aproxima dos mesmos. O estudo possui natureza descritiva e abordagem qualitativa, e foi realizado em um espaço urbano sob condições controladas, no qual foram testados o primeiro protótipo desenvolvido (com oito indivíduos do gênero masculino) e um protótipo melhorado (com 17 indivíduos, sendo 11 do gênero masculino e seis do gênero feminino). Os indivíduos participantes eram todos cegos e com idade entre 21 e 52 anos. Segundo os autores, o protótipo melhorado após os primeiros testes tem potencial para ser utilizado como uma TA e obteve alto índice de aceitação (80%).

Lee *et al.* (2014) desenvolveram um dispositivo que detecta obstáculos para auxiliar na mobilidade de pessoas com deficiência visual. O estudo em questão teve como objetivo a avaliação desse dispositivo durante um percurso e sua capacidade de detecção de obstáculos, com os indivíduos em três situações distintas: 1) utilizando uma bengala branca; 2) utilizando o detector de obstáculos; e 3) utilizando ambos. Nesse estudo também foram aplicados questionários e entrevistas. Para isso, foi utilizada uma amostra com 15 indivíduos com cegueira total e cinco indivíduos videntes (com os olhos vendados), que receberam treinamento de orientação e mobilidade pelo menos seis meses antes de ingressarem no estudo. Os resultados indicam que o uso da bengala branca juntamente com o detector, proporciona maior desempenho de mobilidade, velocidade e proteção corporal. Neste contexto, Slade e colaboradores (2021) também encontraram resultados similares no que tange a velocidade de caminhada dos participantes. Os autores desenvolveram uma bengala aumentada (*Augmented Cane*) equipando uma bengala com um dispositivo composto por sensores portáteis, câmera e GPS. Para comparar o dispositivo com a bengala branca convencional, foram realizados quatro experimentos em diferentes tarefas de mobilidade: girar no lugar, caminhar por corredores, desviar de obstáculos e seguir pontos de referência ao ar livre (*waypoint* GPS). Em todas as condições, a bengala aumentada aumentou a velocidade de caminhada dos participantes com deficiência visual ( $18 \pm 7\%$ ) e os videntes ( $35 \pm 12\%$ ) ( $p < 0.005$ ). A hipótese de Slade *et al.* (2021) para este achado científico foi de que a tecnologia aplicada a bengala proveu uma assistência de direção precisa e maior confiança aos participantes, bem como reduziu a carga cognitiva e o número de contatos com o ambiente.

Embora não seja o estudo mais recente encontrado no levantamento bibliográfico, o produto apresentado por Gao *et al.* (2015) pode ser considerado um dos mais pioneiros no conjunto de estudos analisados sobre bengala e similares: sensores vestíveis. O equipamento contempla quatro unidades para detecção: duas (uma em cada) nos punhos, que apontam para frente; uma na cintura, que permite evitar os obstáculos na parte superior do corpo; e uma no tornozelo, que detecta mudanças no solo. Nos testes realizados com obstáculos, quando um usuário caminha em marcha natural, os sensores examinam automaticamente o ambiente e retornam informações de proximidade desse ambiente. Os testes foram realizados com 15 voluntários vendados que caminharam usando (1) uma bengala branca padrão, (2) o dispositivo desenvolvido (Bengala Virtual) e (3) uma bengala padrão e a Bengala Virtual, simultaneamente. Os resultados sugerem que a Bengala Virtual Vestível pode ser um potencial substituto para a bengala padrão, além disso a combinação dos dois dispositivos pode aumentar sua capacidade na detecção de obstáculos.

Outro estudo com dispositivo vestível inovador selecionado foi o de Kilian e colaboradores (2022). Os autores propuseram uma luva com sensores e câmera localizados no dorso da mão, a *Unfolding SpaceGlove*, cuja função era de informar ao usuário por meio de estímulos vibratórios (feedback contínuo) a posição relativa e a distância de obstáculos próximos. A luva pode ser utilizada em conjunto com a bengala convencional, contudo, o desenho experimental do estudo separou estes dispositivos em duas condições de teste para verificar a influência destes na usabilidade (desempenho e satisfação) dos participantes e evitar sobreposição de interações (confusão sensorial). Em Kilian *et al.* (2022), a variável desempenho foi mensurada pelo tempo de conclusão da tarefa e o índice de contato com os obstáculos e a satisfação através de entrevista com aplicação de um questionário. A amostra foi composta por oito indivíduos cegos e seis videntes vendados e, assim como nos outros estudos supracitados, houve treinamento com o protótipo da luva e a bengala longa branca em percursos com obstáculos. Para a realização dos testes, construiu-se uma pista com quatro metros de largura e sete metros de comprimento, montada com oito obstáculos de papelão (35 x 31 x 171 cm) distribuídos na pista em 14 layouts predefinidos. Os resultados indicaram que, de uma forma geral, todos os participantes conseguiram compreender as informações espaciais transmitidas pela luva,

embora os participantes tenham sido mais rápidos com o uso da bengala ( $p < 0.05$ ), achado também observado por Roentgen *et al.* (2012) e Santos *et al.* (2021). A respeito da satisfação, ambos os produtos receberam escores satisfatórios, sendo a bengala mais bem avaliada. Entretanto, ao comparar os dados dos grupos, notou-se avaliações diferentes. Os participantes cegos atribuíram um escore mais alto a bengala longa branco, enquanto os participantes videntes, a luva.

Estudos como os de Gao *et al.* (2015) e Kilian *et al.* (2022) apontam para uma tendência de desenvolvimento e pesquisa de dispositivos vestíveis que podem ser usados em conjunto com a bengala convencional ou não. Considera-se ainda necessário o aprimoramento de alguns aspectos funcionais destes produtos (ex.: detecção de objetos no nível do solo), pois há uma lacuna entre a mobilidade testada em condições controladas e aquela em ambiente real para pessoas com deficiência visual.

### 3.3 Limitações do estudo e Estudos futuros

Embora adote técnicas para sistematizar a seleção, a análise e a síntese de informações extraídas de artigos científicos, o presente estudo não se caracteriza como uma revisão sistemática ou de escopo. Dessa maneira, apresenta limitações quanto a extensão do levantamento bibliográfico (recorte temporal e diversidade de fontes – apenas artigos oriundos de periódicos).

Durante o processo de seleção dos estudos, observou-se diversas pesquisas descrevendo o desenvolvimento de dispositivos que podem um dia substituir ou serem usados em conjunto com a bengala convencional. Tais estudos reportam projetos de óculos, cintos, pulseiras e outros vestíveis inteligentes, como também tele serviços a pessoas com deficiência visual e robôs guia. Recomenda-se que estudos futuros considerem a busca e a análise de inovações em produtos como aquelas para compreender tendências em dispositivos assistivos para pessoas com deficiência visual.

## 4 Conclusão

O presente estudo teve como objetivo principal apresentar um panorama dos estudos publicados e disponíveis nas bases de dados Scopus e PubMed sobre o uso e/ou desenvolvimento de bengalas, entre 2010 e 2023. A análise dos estudos encontrados por meio do levantamento bibliográfico indica que o número de publicações sobre a avaliação e/ou desenvolvimento de bengalas pode ser considerado baixo, uma vez que apenas nove pesquisas foram identificadas em um intervalo de treze anos. Além disso, os últimos artigos publicados incluídos na análise referem-se à incorporação de novas tecnologias (p.e. dispositivos inteligentes), indicando que as variáveis tradicionais associadas ao uso da bengala foram investigadas pelos pesquisadores até atingirem a real compreensão sobre esse sistema de interação.

O conteúdo identificado apresenta resultados pertinentes que podem embasar estudos posteriores, como também o desenvolvimento e a inovação com novas tecnologias na área. Por fim, observou-se a baixa representatividade de países latino-americanos no conjunto de estudos selecionados.

## Agradecimentos

O presente estudo foi desenvolvido com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## Referências

AMBROSE-ZAKEN, Grace. Knowledge of and preferences for long cane components: A qualitative and quantitative study. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 99, n. 10, p. 633-645, 2005.

CERQUEIRA, Jonir Bechara Cerqueira. **Bengala branca**: símbolo de independência das pessoas cegas, out. 2011. Disponível em: <<http://www.bengalalegal.com/bengala-branca>>. Acesso em: 20 out. 2021.

CBO. Conselho Brasileiro de Oftalmologia. **As Condições da Saúde Ocular no Brasil**. 2019. Disponível em: <[https://www.cbo.com.br/novo/publicacoes/condicoes\\_saude\\_ocular\\_brasil2019.pdf](https://www.cbo.com.br/novo/publicacoes/condicoes_saude_ocular_brasil2019.pdf)>. Acesso em: 07 out. 2021.

CUTURI, Luigi F. et al. From science to technology: Orientation and mobility in blind children and adults. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 71, p. 240-251, 2016.

DERNAYKA, Aya et al. Tom Pouce III, an electronic white cane for blind people: Ability to detect obstacles and mobility performances. **Sensors**, v. 21, n. 20, p. 6854, 2021.

ELMANNAI, Wafa; ELLEITHY, Khaled. Sensor-based assistive devices for visually-impaired people: Current status, challenges, and future directions. **Sensors**, v. 17, n. 3, p. 565, 2017.

FELIPPE, João Álvaro de Moraes. **Caminhando juntos: manual das habilidades básicas de orientação e mobilidade - volume IV**. Conselho Brasileiro de Oftalmologia. São Paulo: Laramara, 2018.

GAO, Yabiao et al. Wearable virtual white cane network for navigating people with visual impairment. **Journal of Engineering in Medicine**, v. 229, n. 9, p. 681-688, 2015.

GLISOI, Soraia Fernandes das Neves et al. Dispositivos auxiliares de marcha: orientação quanto ao uso, adequação e prevenção de quedas em idosos. **Geriatr Gerontol Aging**, v. 6, n. 3, p. 261-72, 2012.

HALLEMANS, Ann et al. Low vision affects dynamic stability of gait. **Gait & posture**, v. 32, n. 4, p. 547-551, 2010.

HOFFMANN, Sonia Berenice. Atividades de vida diária: um processo de emancipação. 2010. Disponível em: <<https://www.diversidadeemcena.net/artigo23.htm>>. Acesso em: 22 out. 2021.

KILIAN, Jakob et al. The Unfolding Space Glove: A Wearable Spatio-Visual to Haptic Sensory Substitution Device for Blind People. **Sensors**, v. 22, n. 5, p. 1859, 2022.

KIM, Dae Shik; WALL EMERSON, Robert S.; CURTIS, Amy B. Ergonomic factors related to drop-off detection with the long cane: Effects of cane tips and techniques. **Human factors**, v. 52, n. 3, p. 456-465, 2010.

LB. Louis Braille - Escola para deficientes visuais. **OMS aponta 75 milhões de pessoas cegas no mundo em 2020**. 2020. Disponível em: <<https://louisbraille.org.br/portal/2020/03/13/oms-aponta-75-milhoes-de-pessoas-cegas-no-mundo-em-2020/>>. Acesso em: 20 out. 2021.

LEE, Cheng-Lung et al. Assessment of a simple obstacle detection device for the visually impaired. **Applied ergonomics**, v. 45, n. 4, p. 817-824, 2014.

LEYDESDORFF, Loet; VAUGHAN, Liwen. Co-occurrence matrices and their applications in information science: Extending ACA to the Web environment. **Journal of the American Society for Information Science and technology**, v. 57, n. 12, p. 1616-1628, 2006.

LUGLI, Daniele et al. Bengala customizável para mulheres com deficiência visual. **Design & Tecnologia**, v. 6, n. 12, p. 44-53, 2016.

RAMIREZ, Alejandro R. Garcia et al. Evaluation of electronic haptic device for blind and visually impaired people: a case study. **Journal of Medical and Biological Engineering**, v. 32, n. 6, p. 423-428, 2012.

REYNARD, Fabienne; TERRIER, Philippe. Role of visual input in the control of dynamic balance: variability and instability of gait in treadmill walking while blindfolded. **Experimental Brain Research**, v. 233, p. 1031-1040, 2015.

ROENTGEN, Uta R.; GELDERBLOM, Gert Jan; DE WITTE, Luc P. User evaluation of two electronic mobility aids for persons who are visually impaired: a quasi-experimental study using a standardized mobility course. **Assistive Technology**, v. 24, n. 2, p. 110-120, 2012.

SANTOS, Aline Darc Piccolo et al. E. Are electronic white canes better than traditional canes? A comparative study with blind and blindfolded participants. **Universal Access in the Information Society**, v. 20, n. 1, p. 93-103, 2021.

SLADE, Patrick; TAMBE, Arjun; KOCHENDERFER, Mykel J. Multimodal sensing and intuitive steering assistance improve navigation and mobility for people with impaired vision. **Science Robotics**, v. 6, n. 59, p. eabg6594, 2021.

TWUM, Frank et al. Competencies of Students with Visual Impairment in using the White Cane in their Learning Environment: a Case Study at Wenchi Senior High in Ghana. **Disability, CBR & Inclusive Development**, vol. 29, n. 1, pp. 78-92, 2018.

WALTMAN, Ludo; VAN ECK, Nees Jan; NOYONS, Ed CM. A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. **Journal of informetrics**, v. 4, n. 4, p. 629-635, 2010.