

Uma revisão sistemática sobre tecnologias assistivas voltadas para auxiliar a locomoção de deficientes visuais em ambiente externo utilizando soluções embarcadas

Ademar Ferreira Lima Neto¹, Mônica Ximenes Carneiro da Cunha¹,
Lukas Teixeira Carvalho¹

¹ Coordenação de Informática - Instituto Federal de Alagoas (IFAL)
CEP 57.020-600 – Maceió – AL – Brasil

{ademarneto1202@gmail.com, bsi.lukas}@gmail.com, monica@ifal.edu.br

Abstract. *Vision is the most used sense, as it is responsible for the recognition of the world, its absence leads to limitations, among them the difficulty of locomotion, especially in an external environment. Many technologies aimed at this audience have no detection and some of them have high prices. This research presents a Systematic Literature Review (SLR) on Assistive Technologies (AT), aimed at locomotion of the visually impaired, identifying and comparing the existing technologies that facilitate mobility. Those using prototyping plates were selected to provide improvements for the visually impaired in the external environment.*

Resumo. *A visão é o sentido mais utilizado, pois é responsável pelo reconhecimento do mundo, sua ausência acarreta em limitações, dentre elas a dificuldade de locomoção, especialmente em ambiente externo. Muitas tecnologias voltadas para este público não possuem detecção e algumas delas possuem preços altos. Esta pesquisa apresenta uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) sobre Tecnologias Assistivas (TA), voltada a locomoção de deficientes visuais, identificando e comparando as tecnologias existentes que facilitam a mobilidade. Foram selecionadas as que utilizam placas de prototipagem para proporcionar melhorias para os portadores de deficiência visual em ambiente externo.*

1. Introdução

Tecnologia Assistiva (TA) é um conceito ainda em pleno processo de desenvolvimento e sistematização. A utilização de recursos de Tecnologia Assistiva, entretanto, remonta aos primórdios da história da humanidade. Supostamente, qualquer “pedaço de pau” utilizado como uma bengala improvisada, por exemplo, caracteriza o uso de um recurso de Tecnologia Assistiva [Galvão Filho, 2009]. Os recursos de tecnologia assistiva às vezes passam despercebidos, mas é possível identificar como tecnologia assistiva uma bengala, utilizada por idosos para locomoção, bem como um dispositivo de amplificação utilizado por uma pessoa com surdez moderada ou mesmo um veículo adaptado para uma pessoa com deficiência [Manzini, 2005, p. 82].

Um público alvo que necessita demasiadamente de TA são as pessoas com deficiência visual. Entende-se por deficiência visual a falta de percepção visual devido a problemas fisiológicos ou neurológicos que afetam o sentido da visão. Sabe-se que a visão é o canal mais importante de relacionamento do indivíduo com o mundo exterior. A cegueira, ou perda total da visão, pode ser adquirida ou congênita (desde o nascimento). O indivíduo que nasce com a visão e a perde mais tarde, guarda memórias visuais, lembrando de imagens, luzes e cores que conheceu, o que é muito útil para sua readaptação. No entanto, quem nasce sem a capacidade da visão, não consegue formar uma memória visual, nem possui lembranças visuais [Gil, 2000].

Infelizmente, vive-se em um mundo adaptado para pessoas que possuem o sentido da visão. Poucos recursos atualmente são desenvolvidos para o auxílio dos deficientes. Existem algumas ferramentas que os auxiliam em suas tarefas rotineiras, tais como: bengalas, cães guias, entre outras; porém algumas não são consideradas viáveis em meios externos, ou possuem preços elevados, o que dificulta o acesso por parte das pessoas com deficiência visual.

As TAs têm servido como um instrumento para proporcionar a equidade social, na medida em que se propõe a reduzir diferenças e a ampliar possibilidades de participação da pessoa com deficiência na sociedade, reduzindo a discriminação e aumentando a autonomia e a autoestima. Nesta vertente, esta pesquisa de revisão sistemática de literatura buscou identificar os recursos computacionais mais atuais, na área de tecnologia da informação, voltados para auxiliar a locomoção de pessoas com deficiência visual no ambiente externo.

2. Metodologia

A presente pesquisa caracteriza-se como exploratória, com postura epistemológica positivista, cujo objetivo é selecionar tecnologias assistivas disponíveis para auxiliar na locomoção dos deficientes visuais no mercado atual. As buscas foram realizadas nos meses de março e abril de 2019. Nas seções a seguir são apresentadas as questões de pesquisa, as palavras-chave e a string de busca, bem como as fontes de busca e critérios de inclusão e exclusão.

2.1 Questões de pesquisa

A pesquisa se propôs a responder às seguintes questões de pesquisa:

1. Quais as tecnologias assistivas atuais desenvolvidas para a locomoção dos deficientes visuais que utilizam placas de prototipagem ou computadores de placa única?
2. Quais são os critérios para determinar que as tecnologias são vantajosas?

3. Quais dessas tecnologias pode permitir ao deficiente visual sua independência seja esta parcial ou total?

2.2 String de busca

O Quadro 1 apresenta a expressão de busca exatamente como foi submetida ao Google Acadêmico, IEEE, SCIELO e CAPES, em português, uma vez que o objetivo consistiu em identificar artefatos produzidos no Brasil. No entanto, apenas o repositório de busca Google Acadêmico retornou resultados para pesquisa.

Quadro 1. Expressão de busca em português.

“Tecnologias assistivas” AND (“deficiência visual” OR cego OR cegueira) AND (“ambiente externo” OR “locomoção”) AND (sistemas embarcados OR arduino OR raspberry)

Fonte: Dados da Pesquisa.

2.3 Processo de Seleção de Estudos Primários

Conforme a definido no protocolo da RSL, a seleção dos estudos foi realizada seguindo os passos:

- 1) Seleção:** Os trabalhos foram selecionados utilizando uma ou duas expressões de busca entre o período de 2014 a 2019;
- 2) Pré-filtro:** Foi feita uma análise dos dados pelos títulos, chaves de busca e sua coerência com o proposto nesta pesquisa.
- 3) 1º Filtro:** Foram analisados os resumos dos estudos para verificar sua coerência com a proposta da pesquisa.
- 4) 2º Filtro:** Após o primeiro filtro, foram lidos todos os trabalhos a fim de utilizar seu conteúdo no desenvolvimento dessa pesquisa, foram selecionados com base nos critérios de inclusão e os não selecionados com base nos critérios de exclusão;
- 5) Classificação:** Os estudos foram selecionados e classificados segundo a relevância para pesquisa. No caso de artigos duplicados foi selecionado o que obteve maior retorno nas buscas.

2.4 Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão e exclusão da pesquisa são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Critérios de inclusão.

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO
O trabalho é um artigo científico, TCC, dissertação ou tese.	O trabalho não é acadêmico.
O trabalho é sobre tecnologias assistivas para deficientes visuais.	O trabalho não trata sobre tecnologias que podem ser utilizadas com o usuário.
O trabalho propõe que seja uma tecnologia utilizada em ambiente externo.	O trabalho não menciona sobre tecnologias assistivas de maneira que possibilite independência.

O trabalho propõe que se utiliza uma placa de prototipagem ou um computador placa.	O trabalho não apresenta um protótipo funcional.
O trabalho apresenta um protótipo devidamente testado com deficientes visuais.	O trabalho não descreve uma tecnologia assistiva que já esteja em uso ou seja um protótipo.

Fonte: Dados da Pesquisa.

2.5 Processo de Busca e Seleção

As pesquisas com a expressão de busca inserida no Google Acadêmico retornaram 60 trabalhos, que foram analisados pelo título, resumo e resultados, bem como levando em conta os critérios de inclusão e exclusão, especialmente no que se refere a um protótipo testado e que utiliza uma placa de prototipagem, restando 05 ao final, como apresentado no Quadro 3.

Quadro 3. Resultado dos trabalhos localizados, analisados e selecionados.

Artigos Retornados	Artigos Selecionados (eliminando duplicados)	1º Filtro	2º Filtro
60	55	11	5

Fonte: Dados da Pesquisa.

Após a seleção final, os cinco trabalhos restantes foram lidos e extraídas as respostas às questões que nortearam a RSL.

3. Resultados

Este trabalho teve como principal objetivo identificar tecnologias assistivas com foco ao público deficiente visual que utilizam placas de prototipagem ou computadores de placas únicas. A seguir serão apresentados os resultados obtidos para cada questão de pesquisa.

Q1. Quais as tecnologias assistivas atuais desenvolvidas para a locomoção dos deficientes visuais que utilizam placas de prototipagem ou computadores de placas únicas?

Esta pesquisa selecionou o total de 5 trabalhos mencionando tecnologias atuais voltadas para o público alvo e que respondem aos critérios de inclusão. Foram encontrados estudos que utilizam as placas de prototipagem, no caso as placas Arduino. Existe uma gama de trabalhos desenvolvidos neste sentido, no entanto alguns estão em fase de protótipos e outros não são financeiramente acessíveis. Os trabalhos listados para este documento são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4. Trabalhos relacionados para esta pesquisa.

Artigo	Link	Autor
Dispositivo para auxílio à locomoção de deficientes visuais baseado em transdutores ultrassônicos	https://bit.ly/2WwRWMc	[Souza et al, 2016]
Desenvolvimento de um protótipo para auxílio no deslocamento de deficientes visuais	https://bit.ly/3a9FjdU	[Rahim, 2017]

Protótipo de um cinto sensorial para auxiliar na locomoção de deficientes visuais	https://bit.ly/3dkcgX6	[Moura e Rocha, 2014]
Bengala eletrônica para deficientes visuais: contribuição à locomoção em centros urbanos	https://bit.ly/3bj8B9V	[Dummer, 2018]
<i>Wearables</i> para apoiar a representação espacial por indivíduos cegos	https://bit.ly/2WAQs3p	[Ugulino, 2014]

Fonte: Dados da Pesquisa.

O dispositivo para auxílio à locomoção de deficientes visuais baseado em transdutores sônicos, elaborado por [Souza et al, 2016], é um sistema que utiliza uma placa Arduino uno como dispositivo de comando, um sensor de ultrassom hc-sr04 para a detecção dos obstáculos e um motor vibrador de celular para alertar o usuário, acoplado ao um boné para maior conforto do usuário. Foi construído com o intuito de detectar os obstáculos antecipadamente, expandindo o tempo de reação. Na Figura 1 é exibido o modelo do dispositivo.



Figura 1. Modelo do dispositivo acoplado a um boné [Souza et al, 2016].

O desenvolvimento de um protótipo para auxílio no deslocamento de deficientes visuais, teve por intuito sinalizar ao deficiente visual os pontos que não são possíveis de serem detectados com uma bengala. O sistema utiliza a placa Arduino nano, o sensor ultrassônico hc-sr04, que pode ser visualizado na Figura 2, para detecção dos obstáculos, uma placa soldada para transmissão da informação do Arduino para o sensor ultrassônico e um vibrador de celular que serve como alerta [Rahim, 2017]. Este dispositivo fica acoplado na região do braço, conforme apresentado na Figura 3, para ser usado em conjunto com uma bengala para que o usuário tenha uma navegação segura durante seu trajeto. Os testes exibiram alto grau de satisfação do usuário e seu preço ao usuário final chega a ser acessível, custando R\$: 100,00.

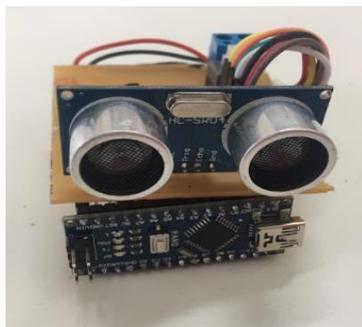


Figura 2. Protótipo usando sensor ultrassônico [Rahim, 2017].



Figura 3. Protótipo com sensor ultrassônico em uso [Rahim, 2017].

Por sua vez, [Moura e Rocha, 2014] desenvolveram um protótipo de um cinto sensorial para auxiliar na locomoção de deficientes visuais, exibido na Figura 4. Trata-se de uma tecnologia assistiva desenvolvida com o intuito de possibilitar a liberdade do indivíduo portador de deficiência visual de se locomover sem o auxílio de uma bengala, tornando-a sua única fonte de sensoriamento, pois pretende monitorar toda a região frontal do usuário em seu trajeto. O projeto utiliza uma placa Arduino uno, interligada a 3 sensores hc-sr04 posicionados em uma angulação de 45°, 3 motores de vibração para alertar o usuário dos perigos durante o trajeto, um circuito de potência para impedir que alguma peça seja danificada pela corrente elétrica e para a fonte de alimentação uma bateria de 9v. O protótipo foi programado para detectar objetos em distâncias a partir de 30 cm até 1 m.



Figura 4. Cinto Sensorial [Moura e Rocha, 2014].

Outra tecnologia selecionada foi a bengala eletrônica para deficientes visuais, desenvolvida por [Dummer, 2018], cuja imagem está exibida na Figura 5. Trata-se de uma tecnologia assistiva que utiliza uma bengala longa projetada para detectar os obstáculos nas regiões que as bengalas convencionais não são capazes de detectar. O projeto utiliza uma placa Arduino mega, como detector de ultrassom o sensor hc-sr04. O dispositivo também utiliza um motor de vibração junto com um buzzer, para alertar seu usuário dos perigos nas regiões que a bengala não é capaz de detectar e utiliza uma bateria de 9v para alimentação elétrica e 3 chaves liga/desliga, uma para que não seja gasta a bateria do dispositivo sem necessidades, outra para o buzzer e outra para alterar as distâncias, pensando no ritmo de caminhada do usuário.

Os testes com o dispositivo foram em ambientes abertos tendo portadores de deficiência visual como usuários. E mostraram que a bengala funcionou de acordo com o esperado e que foi detectado as distâncias estabelecidas que são entre 0,70m até 1,80m. O preço da bengala é considerado acessível, pois foi feita com materiais de baixo custo, ficando em torno de R\$ 210,00.



Figura 5. A bengala eletrônica [Dummer, 2018].

Por fim, o quinto trabalho selecionado trata dos *wearables* para apoiar a representação espacial por indivíduos cegos, desenvolvido por [Ugulino, 2014], com o intuito de dar mais liberdade ao deficiente visual, porém este precisa de outro objeto fora o dispositivo corpóreo para se movimentar tal como uma bengala. O dispositivo é composto de um kit com diversos aparelhos: cinto, beep, luva, óculos e vibração, conforme apresentado na Figura 6. O usuário tem a liberdade de escolher qual a melhor combinação para seu uso, o kit é composto de uma placa Arduino mini, um transmissor de ondas de rádio RF433 Mhz, um módulo .mp3 WTV020-SD para alerta sonoro (óculos), um módulo bluetooth, módulo usb para carregar as baterias Li-Po 3.7 Volts usadas para alimentação, módulo bluetooth JY-MCU (luvas e cinto), speakers (luvas e cinto), e motores de vibração (luvas e cinto).

A primeira dificuldade encontrada pela equipe foi o *masking*, que é um problema causado pela tecnologia que consiste numa sobrecarga cognitiva e no prejuízo temporário da capacidade do indivíduo de sensoriar o ambiente com seus sentidos. Os testes foram feitos usando um total de cinco combinações: a primeira utilizou o cinto, o beep e os óculos (*smart glasses*), a segunda utilizou cinto vibração e óculos, a terceira utilizou luva, beep e óculos, a quarta utilizou luva vibração e óculos e a quinta utilizou apenas os óculos.

Os *wearables* não prejudicaram a caminhada dos usuários nem a percepção sensorial do ambiente. Os usuários afirmaram que o pior dos *wearables* foi o cinto, tendo um índice de rejeição de 9/10 usuários, a luva foi um ótimo *wearable*, porém se utilizada na mesma mão que a bengala, dificulta a orientação do usuário.

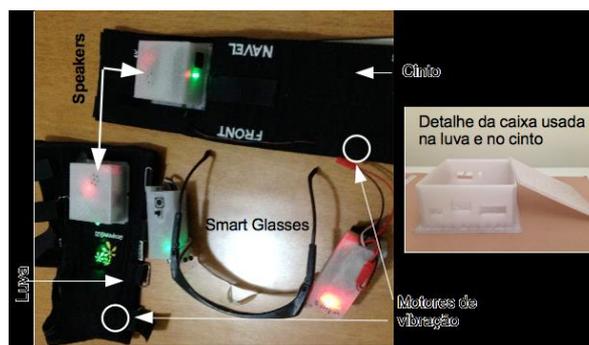


Figura 6. Wearables [Ugulino, 2014]

Todas as tecnologias assistivas que foram selecionadas para esta RSL, foram devidamente testadas e estão em estágios de protótipos. No Quadro 5 é exibido um resumo com as cinco tecnologias assistivas selecionadas.

Quadro 5: Tecnologias Assistivas Selecionadas.

Título do Artigo	Tipo de Tecnologia Assistiva
Dispositivo para auxílio à locomoção de deficientes visuais baseado em transdutores ultrassônicos.	Boné equipado com sensor ultrassônico.
Desenvolvimento de um protótipo para auxílio no deslocamento de deficientes visuais.	Bracelete equipado com sensor ultrassônico
Protótipo de um cinto sensorial para auxiliar na locomoção de deficientes visuais.	Cinto com sensores de ultrassom.
Bengala eletrônica para deficientes visuais: contribuição à locomoção em centros urbanos.	Bengala com sensor de ultrassom, buzzer e vibrador.
<i>Wearables</i> para apoiar a representação espacial por indivíduos cegos.	Kit composto com diversos aparelhos para os deficientes visuais.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Q2. Quais são os critérios para determinar que as tecnologias são vantajosas?

As tecnologias assistivas selecionadas para esta pesquisa, são vantajosas no sentido de autonomia, acessibilidade, conforto, economia e praticidade. Os equipamentos se mostraram bastante eficientes em suas fases de testes e tiveram altos índices de satisfação para os portadores de deficiência visual. Eles permitem um nível de detecção que as tecnologias assistivas convencionais não são capazes de alcançar, como por exemplo os obstáculos que ficam acima da cintura, que são uma das principais causas de acidentes de trajeto para os deficientes visuais.

Outros quesitos são os preços acessíveis, pois grande parte das tecnologias disponíveis para os deficientes visuais possuem preços elevados, o que foi um bom marco para melhor inclusão social do público alvo. No Quadro 7 estão listadas as tecnologias, suas vantagens e desvantagens.

Quadro 7. Comparativo de Vantagens entre os dispositivos.

	Vantagens	Desvantagens
Boné	Independência de movimentação, excelente taxa de detecção obstáculos, custo acessível.	Sensores não respondem em tempo real, necessita de outro acessório (bengala), movimento da cabeça atrapalha a detecção, incapacidade de detectar obstáculos abaixo da cintura.
Bracelete	Independência de movimentação, excelente taxa de detecção, confortável, funcionou como esperado, custo acessível.	Pequeno atraso em mudanças bruscas, necessita de outro acessório (bengala), incapacidade de detectar obstáculos abaixo da cintura.
Cinto	Excelente taxa de detecção, detecta obstáculos a partir da linha da cintura, funcionou como esperado, custo acessível.	Incapacidade de detectar obstáculos acima da cintura e necessita de outro acessório (bengala).
Bengala	Excelente taxa de detecção, funcionou como esperado, aviso prévio, custo acessível.	Sensores não ficam sempre posicionados corretamente.
Wearables	O kit pode ser personalizado, aviso de forma personalizada (beep ou vibração), aviso por voz (óculos).	Dificuldade de sentir a vibração (cinto), dificuldade de sentir a vibração se estiver segurando um objeto (luva), preço elevado (óculos), incapacidade de detectar a área abaixo da cintura.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Q3. Quais dessas tecnologias podem permitir ao deficiente visual sua independência, seja esta parcial ou total?

Até o momento poucas tecnologias permitem a total independência do usuário, porém estas tecnologias proporcionam um grau de liberdade maior em relação aos equipamentos antigos utilizado por deficientes visuais. Algumas dessas tecnologias assistivas se mostraram muito eficientes em relação a detecção de obstáculos em áreas que as tecnologias convencionais não são capazes de detectar, o que facilita muito a autonomia do usuário.

A bengala eletrônica, por ser uma tecnologia que reaproveita a bengala tradicional, pode ser considerada uma tecnologia que garante independência, pois consegue detectar todos os obstáculos frontais, tanto na região inferior, usando a bengala, como na região superior, com os sensores, o que permite que um usuário possa andar livremente apenas tendo ela como tecnologia. As demais infelizmente não são capazes de detectar obstáculos abaixo da linha da cintura, o que as torna dependente de uma bengala para a movimentação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das dificuldades encontradas pelo público que possui deficiência visual, espera-se que as tecnologias assistivas venham promover a maior inclusão destes no mundo contemporâneo. Através desta pesquisa buscou-se identificar as principais tecnologias assistivas de baixo custo, que proporcionam um grau maior de liberdade em seus problemas rotineiros. Porém ainda é necessário percorrer um longo caminho até que se chegue a uma tecnologia que consiga eliminar totalmente todos os problemas de locomoção enfrentados

pelos deficientes visuais. Estes problemas envolvem o tempo de resposta, melhor taxa de detecção, independente dos movimentos do usuário, entre outros diversos, que podem ser minimizados em trabalhos futuros.

Os estudos selecionados mostraram um crescimento nas pesquisas com as tecnologias acessíveis que utilizam as placas de prototipagem, sendo um estímulo ao desenvolvimento de novos trabalhos. Porém nem todos os que necessitam têm acesso aos artefatos desenvolvidos. Por isso, um dos objetivos desta pesquisa foi encontrar tecnologias que utilizam o open hardware, que permite que os custos destas fossem reduzidos. No entanto, ainda há um longo caminho até que sejam desenvolvidas tecnologias assistivas que atendam a todas as necessidades do público alvo, com baixo custo. Ficando este desafio para trabalhos futuros.

Referências

- Dummer, K. S. (2018) Bengala Eletrônica para Deficientes Visuais: contribuição à locomoção nos centros urbanos. https://wp.ufpel.edu.br/labserg/files/2018/03/o_tcc_dummer_2018.pdf
- Galvão Filho, T. A. (2009) A Tecnologia Assistiva: de que se trata? In: Machado, G. J. C.; Sobral, M. N. (Orgs.). Conexões: educação, comunicação, inclusão e interculturalidade. 1 ed. Porto Alegre: Redes Editora, p. 207-235. www.galvaofilho.net/assistiva.pdf
- Gil, M. (org) Deficiência visual. (2000) Brasília : MEC. Secretaria de Educação a Distância. Cadernos da TV Escola., p. 80. <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/deficienciavisual.pdf>
- Manzini, E. J. (2005) Tecnologia assistiva para educação: recursos pedagógicos adaptados. In: Ensaios pedagógicos: construindo escolas inclusivas. Brasília: SEESP/MEC, p. 82-86.
- Moura, A. G.; Rocha, F. B. (2014) Protótipo de um cinto sensorial para auxiliar na locomoção de deficientes visuais. http://bd.centro.iff.edu.br/bitstream/123456789/998/1/Monografia_Amanda_Fernanda_VersaoFinal.pdf
- Rahim, T. H. (2017) Desenvolvimento de um protótipo para auxílio no deslocamento de deficientes visuais. <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/181868/TCC%20Taliha%20Rahim.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Souza, C. S. G.; Sala, J.; Togni, A. R.; Kawamoto, W. O.; Arias, C. S. P.; Kawamoto Júnior, L. T. (2016) Dispositivo para auxílio à locomoção de deficientes visuais baseado em transdutores ultrassônicos. <http://www.revistaespacios.com/a16v37n09/16370920.html>
- Ugulino, W. C. (2014) Wearables para Apoiar a Representação Espacial por Indivíduos Cegos. <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/25005/25005.PDF>