

Sistema de sinalização espacial-sonora para deficientes visuais¹

Sound and space signaling system for people with visual impairment

Pedro Henrique Abreu Tiradentes¹; Marcílio BÁCry Souza²; Guilherme Henrique Almeida Pereira²

¹Estudante do Colégio Militar de Belo Horizonte (CMBH), Sistema Colégio Militar do Brasil, Exército Brasileiro;

²Me., Professor do Colégio Militar de Manaus (CMM), Comando do 9º Distrito Naval, Marinha do Brasil

E-mail: guilhermepereira06@gmail.com

RESUMO: Este trabalho elaborou um sistema de sinalização sonora para orientar espacialmente deficientes visuais, proporcionando-lhes autonomia e condições adequadas para deslocamento seguro por obstáculos. O sistema baseou-se em sensores seguidores de linha, gerenciados por plataforma Arduino. Quando identifica a presença do deficiente, o sistema executa uma orientação sonora sobre o que há após o obstáculo, a partir de módulos MP3 ligados a caixas de som. Durante testes da tecnologia com deficientes visuais, todos eles acertaram, sem dificuldade, o destino desejado, mesmo desconhecendo as instalações do prédio. Isso resultou em satisfação média de 8,5 e indicou que o sistema sinalizou com êxito os deficientes visuais. Além de efetivo, o sistema teve baixo custo e é adaptável a qualquer corrimão. Sua difusão proporcionará autonomia e acessibilidade aos deficientes visuais, para o exercício de seus direitos, e contribuirá para o desenvolvimento de uma sociedade mais justa.

Palavras-chave: inovação, inclusão, acessibilidade.

ABSTRACT: This work has developed a system of sound signals to spatially guide visually impaired people, providing them with autonomy and adequate conditions for safe movement through obstacles. The system was based on line-following sensors, managed by an Arduino platform. When it identifies the presence of the visually impaired, the system performs a sound guidance on what is after the obstacle, using MP3 modules connected to speakers. During technology tests with the visually impaired, they went the destination without difficulty, though they didn't know the building's facilities. This resulted in an 8.5 average satisfaction of and indicated that the system successfully flagged the visually impaired. In addition, the system is inexpensive and adaptable to any handrail. Its diffusion will provide autonomy and accessibility for the disabled, for the exercise of their rights, and contribute to the development of a more just society.

Keywords: innovation, inclusion, accessibility.

Introdução

No Brasil, mais de 45 milhões de pessoas são portadoras de alguma deficiência (IBGE, 2010), quais sejam intelectual, auditiva, motora e visual. Em função dessa expressividade, em 2015, foi instituído o Estatuto da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2015). Esse estatuto regulou a inclusão social e cidadã dos deficientes, assegurando e promovendo, em condições de igualdade, o exercício dos direitos e das liberdades fundamentais pelas mesmas. Apesar de o estatuto da pessoa com deficiência ser recente, os direitos dos deficientes dessa parcela da população são resguardados

¹ Projeto do Colégio Militar de Manaus (CMM), vencedor do Prêmio "Destaque Unidades da Federação - Amazonas" durante a 16ª Feira Brasileira de Ciências e Engenharia da Universidade de São Paulo - FEBRACE 2018/USP.

desde 1989, pela lei federal 7.853, que instituiu a tutela jurisdicional de interesses coletivos ou difusos e as normas que asseguram o exercício dos direitos da pessoa com deficiência (BRASIL, 1989).

Dentre as deficiências, a deficiência visual é a mais expressiva, acometendo mais de 6,5 milhões de pessoas, o que representa cerca de 20% da população brasileira (FDNC, 2017). Desse efetivo, aproximadamente 530 mil pessoas são totalmente cegas e mais de seis milhões possuem baixa visão ou visão subnormal, com grande e permanente dificuldade de enxergar (IBGE, 2010). Apesar desse número elevado de pessoas com deficiência visual no Brasil, as condições de acessibilidade para esse público têm muito que se desenvolver e se aperfeiçoar.

Visando melhorar essas condições, a sinalização tátil foi uma ferramenta desenvolvida com destaque e que se consagrou nos últimos anos. Este instrumento baseia-se em pequenas variações no relevo do piso para orientação dos deficientes visuais ou com baixa visão (WAT, 2017). Além disso, um cão-guia robô também foi desenvolvido com este intuito (LYSA, 2017). Mais recentemente, um sistema de sensoriamento, baseado em ultrassom e infravermelho, que pode se somar ao piso tátil, foi desenvolvido para deslocamento de pessoas com deficiência visual (RAMOS et al., 2017). Essas tecnologias representam recursos inovadores e importantes para o deslocamento dos deficientes em áreas abertas ou de grande movimentação. Contudo, estão limitadas à orientação e demarcação dos melhores trajetos ou indicação de obstáculos para evitar problemas que resultem em quedas e outros infortúnios, como acontece em rampas e escadas de acesso, a áreas internas a edificações.

Neste sentido, as tecnologias citadas não garantem segurança durante o deslocamento do deficiente visual ao subir uma rampa ou descer os degraus de uma escada. Por isso, em geral, rampas e escadas contêm um corrimão para facilitar o deslocamento e prover mais segurança aos transeuntes, incluindo as pessoas com visão normal. Pensando na dificuldade adicional dos deficientes visuais para vencer esses obstáculos, novos recursos foram implementados ao corrimão visando a orientação do deficiente, quais sejam: a linguagem em braille (DIRECT, 2017) e um anel-corrimão (WAT, 2017). Apesar de contribuírem para a orientação do deficiente visual, esses recursos não substituem a sinalização que existe para o deslocamento de pessoas com visão normal, que é realizada por meio de placas e indicações no teto ou no piso no interior das edificações.

No interior de edificações, as pessoas com visão normal conseguem locomover-se com autonomia seguindo as sinalizações, sem que sejam necessárias orientações de terceiros, mesmo que elas estejam pela primeira vez no prédio. Essa realidade, contudo, não é compartilhada pelos deficientes visuais ou por pessoas com baixa visão. Ao ingressar em edificações nas quais nunca estiveram, os deficientes visuais têm grandes dificuldades de locomoção, pois os trajetos e obstáculos são desconhecidos. Essa dificuldade é agravada pelo fato de eles não terem acesso às informações alfanuméricas que estão inscritas no edifício, em detrimento de uma sinalização sonora (NUNES e LOMÔNACO, 2010). Como resultado, o deslocamento do deficiente pelas rampas e escadas se torna crítico.

Assim, a dificuldade para deslocamento de deficientes visuais por rampas e escadas pode ser amenizada pela sonorização das informações textuais, sobretudo pelo fato de esses deficientes terem audição mais apurada que pessoas sem essa deficiência, especialmente aqueles que a adquiriram antes dos dois anos de idade (MOEHLECKE, 2004). Assim, uma ferramenta de sinalização sonora inteligível, para rampas e escadas, poderia somar à segurança fornecida pelos corrimãos, o que reduziria o risco de acidentes, estimularia a independência e proporcionaria mais autonomia aos deficientes visuais durante o deslocamento pelo interior das edificações.

Este projeto elaborou um sistema de sinalização sonora capaz de orientar espacialmente os deficientes visuais, proporcionando-lhes mais autonomia, de forma simples e inteligente, e garantindo-lhes condições adequadas para um deslocamento seguro em locais com obstáculos, como rampas e escadas, garantindo, assim, sua acessibilidade e seu direito de ir e vir.

Material e Métodos

O projeto foi dividido em três etapas: planejamento, prototipagem e teste. O planejamento, que aconteceu no mês de agosto de 2017, compreendeu a realização de reuniões e revisão de literatura para elaboração do plano de pesquisa. A prototipagem, que ocorreu nos meses de setembro e outubro de 2017, abrangeu a elaboração do algoritmo, a aquisição de materiais, montagem e testes operacionais do protótipo. A última etapa, que aconteceu entre novembro de 2017 e fevereiro de 2018, compreendeu a montagem de um corrimão no colégio, instalação do sistema e teste com deficientes visuais. Para atender ao objetivo, as seguintes metas foram executadas:

- a. Prototipagem de um corrimão com sensores seguidores de linha;
- b. Elaboração de um algoritmo para gerenciar os sensores;
- c. Implementação do algoritmo na plataforma Arduino;
- d. Conexão dos sensores com o sistema de sinalização sonora à placa Arduino;
- e. Sincronização dos sensores com módulos de orientação sonora;
- f. Realização de testes de funcionamento da tecnologia e efetividade com deficientes visuais.

O protótipo do corrimão com os sensores

Para elaboração do sistema, quatro Módulos de Sensor Seguidor de Linha TCRT5000 foram utilizados. O sensor é constituído por dois componentes que funcionam em conjunto: um LED infravermelho (“Light Emitting Diode”) e um fototransistor preto. O LED tem a função de emitir um feixe de luz na faixa do infravermelho, não visível ao olho humano. Quando algum artefato ou pessoa passa ou se posiciona à frente do sensor, o LED emite um feixe de luz infravermelha, a qual é refletida e capturada pelo transistor, indicando a presença de algo a sua frente.

Os sensores foram instalados em corrimão. O corrimão foi elaborado em alumínio, formato cilíndrico, com 1,3 m de comprimento por 0,06 m diâmetro. Foram instalados quatro sensores, internamente a um corrimão. No corrimão, os sensores foram introduzidos nas extremidades através das aberturas laterais, que eram vasadas. Por se tratar de um protótipo de testes, cujo tamanho foi reduzido, não foi possível colocar os sensores a um metro de distância de cada extremidade, como preconizado para tecnologias aplicáveis por norma pertinente (ABNT, 2015). Foram instalados quatro sensores, internos às extremidades do corrimão, que foram inseridos através das aberturas laterais do tubo de alumínio.

Em cada abertura, dois sensores (Sensor 1 e Sensor 2) foram posicionados e fixados com cola quente em cada uma das extremidades, inferior (simulando o piso inferior) e superior (simulando o piso superior). Em cada extremidade, o “Sensor 1” situou-se próximo à extremidade e o “Sensor 2” situou-se mais internamente ao corrimão. À frente de cada sensor, dois orifícios foram abertos no alumínio para o infravermelho passar e ser captado para detecção da presença do deficiente visual nas proximidades.

O algoritmo para gerenciamento dos sensores

Os quatro sensores foram ligados, dois a dois, em duas placas Arduino UNO em cada extremidade. Na plataforma Arduino, o gerenciamento dos sensores foi realizado mediante elaboração de um algoritmo. O algoritmo é uma sequência lógica de instruções para executar uma tarefa, auxiliando na programação. Para isso, o sistema de sinalização espacial-sonora para deficientes visuais foi dividido conforme fluxograma indicado na Figura 1.

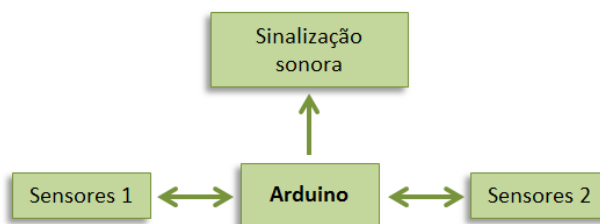


Figura 1. Sequência lógica de gerenciamento dos sensores na plataforma Arduino.

Neste fluxograma, os “sensores 2” têm a função de identificar a entrada do deficiente visual (ou outro usuário) no circuito. Diferindo, os “sensores 1” acionam os módulos de sinalização sonora em cada piso. A “sinalização sonora 1” reproduz a orientação espacial-sonora com informações referentes ao piso inferior, enquanto a “sinalização sonora 2” contém informações para orientação sobre o piso superior. A Figura 2 esquematiza a disposição dos sensores.

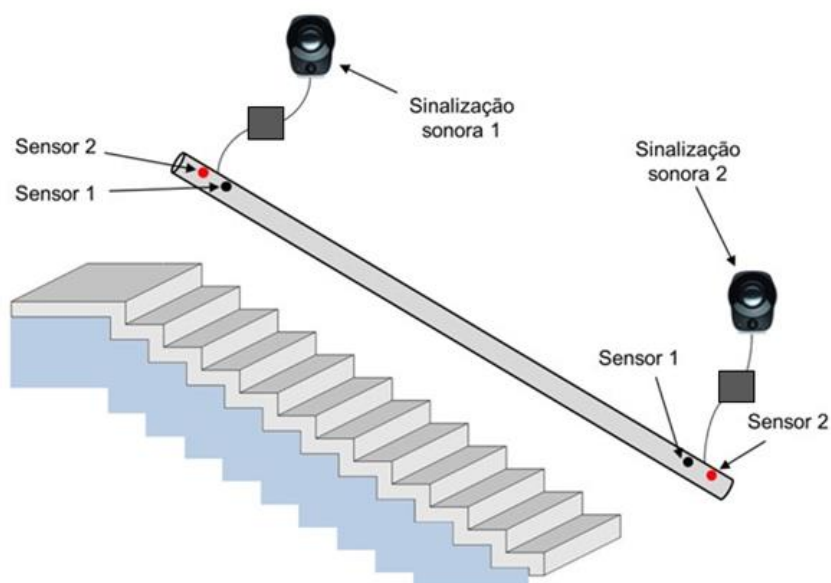


Figura 2. Representação do sistema de sinalização para deficientes visuais

Os “sensores 2” permanecem ligados e os “sensores 1”, desligados. Quando o usuário estiver descendo o obstáculo, o “sensor 2” do piso superior será acionado e ativará o “sensor 1”. Após um segundo, caso o “sensor 1” não identificar a presença do usuário, ele se desligará para evitar a detecção de outro usuário a sua frente. Caso detecte alguma presença, o “sensor 1” ativará o áudio da “sinalização sonora 1”, para orientações sobre o piso inferior. Assim, o usuário será informado do que há após o obstáculo antes de descê-lo para poder tomar a melhor decisão. Após a execução do áudio, o sistema reiniciará para ser utilizado por outro usuário. No sentido contrário, isto é, quando um usuário estiver subindo o obstáculo, a ativação da “sinalização sonora 2” funcionará de forma análoga, transmitindo as orientações para informar o que há no piso superior antes do deslocamento.

Conexão dos sensores e Módulos de orientação sonora

Como a sinalização por meio de informações textuais e indicações por imagens não são acessíveis ao deficiente visual, elas foram substituídas por um comando de voz em áudios. Foram gravadas duas sequências de informações sonoras para serem ativadas pelos sensores. As

informações foram compostas por orientações sobre o pavimento, repartições que nele se encontram e possíveis trajetos que poderiam ser realizados. Os áudios foram gravados, pausadamente, em Língua Portuguesa e Inglesa utilizando o Audacity, formato MP3. Posteriormente, os áudios foram convertidos para AD4, no programa AD4-CONVERTER. Os áudios em AD4 foram armazenados em cartões micro SD (1 GB) e introduzidos no Módulo MP3 WTV020-SD. Os módulos MP3 foram conectados às placas Arduino e afixados em *protoboards*.

A transmissão do áudio da sinalização espacial-sonora foi executada por caixas com potência de 15W RMS e com a função de regulação do volume. Duas caixas de som foram instaladas acima do corrimão e conectadas a uma entrada Plug Jack P2 fêmea, afixada na *protoboard*, e consequentemente ao módulo MP3. Cada caixa foi conectada ao módulo MP3 e foi posicionada de maneira alinhada aos sensores (inferior ou superior) nas extremidades do corrimão para serem acionadas pelos mesmos.

O sistema de sinalização sonora

Após programação dos sensores e transmissão dos áudios para os módulos com as caixas de som, o protótipo do corrimão com sistema de sinalização espacial-sonora foi montado. As caixas de som foram fixadas na superfície de um compensado que simulou uma parede. Todo o sistema foi plugado a uma tomada de energia elétrica 110 v, utilizada para alimentar seu funcionamento.

O funcionamento é simples: ao tocar no sensor externo, ele aciona o interno e a gravação com a orientação do que há no piso ao qual o usuário se destina é acionada. Na extremidade do protótipo que simula o piso inferior do obstáculo (escada ou rampa), ao tocar no sensor externo, o usuário ouve a gravação indicando o que há no piso superior. Ao chegar ao piso superior e tocar no sensor interno, o sensor externo será bloqueado, evitando que a gravação, referente ao piso inferior, seja reproduzida. Invertendo o sentido, ou seja, ao usuário descer o obstáculo, o funcionamento é similar. Portanto, apenas uma gravação é acionada por vez, dependendo do sentido do deslocamento (descendo ou subindo).

Corrimão para testes com deficientes visuais

A tecnologia do protótipo foi replicada em uma escada do colégio para realização de testes de sua efetividade com deficientes visuais. Como as escadas não dispunham de corrimão, a confecção de um corrimão foi necessária. A escada selecionada conectava o térreo ao 1º piso, por meio de 18 degraus, subdivididos em grupos de seis, os quais eram intervalados por duas áreas planas, em uma das quais havia uma curva aberta.

O corrimão foi elaborado com cerca de 20 m, utilizando os mesmos métodos aplicados à construção do protótipo. O corrimão foi implantado pelo “Pelotão de Obras” do colégio, sob supervisão dos orientadores. Após confecção do corrimão, o sistema de sinalização espacial-sonora foi implantado nas extremidades localizadas no piso inferior (térreo) e superior (1º piso).

Para realização dos testes, foi contatada a Associação dos Deficientes Visuais do Amazonas (ADVAM), localizada à Rua E, nº 16, no bairro Alvorada 2, 69042-000, Manaus, AM. Após uma reunião para apresentação do projeto aos associados, nove deficientes manifestaram interesse em participar dos testes. Ambos, os deficientes nunca haviam ido ao colégio e, por isso, desconheciam as instalações bem como os obstáculos do prédio. Cada deficiente assinou um “Termo de consentimento” e, após as assinaturas, indicaram quais informações de orientação seriam importantes eles ouvirem durante o deslocamento por uma escada. As informações levantadas subsidiaram a elaboração dos áudios bilíngues que foram usados para a orientação em cada piso. A gravação e manipulação dos áudios, para inserção no sistema, foram realizadas conforme descrito anteriormente.

Após verificar se o funcionamento estava adequado, o teste com os deficientes visuais foi realizado. Uma vez que o uso do sistema de sinalização espacial-sonora não envolveu alteração no conforto do usuário, os testes com os deficientes foram realizados sob supervisão de “Painel de Revisão” constituído por profissionais qualificados do colégio, quais sejam, um médico, um pedagogo e o diretor do colégio. O teste foi realizado com cada deficiente, em duas etapas: (I) o deslocamento do deficiente pela escada, para utilização do sistema em ambos os sentidos; e (II) realização de entrevista, para avaliar a efetividade da tecnologia. Antes de iniciar o deslocamento, o deficiente visual deveria escolher um dos possíveis destinos a serem seguidos ao final da escada para cada um dos sentidos (subindo e descendo). O deslocamento ao destino foi um indicador da efetividade do sistema de maneira que, se correto, indicaria que o sistema foi efetivo para o objetivo a que se propôs. Após o deslocamento, a entrevista foi realizada, com as seguintes perguntas:

- 1) Este sistema lhe ajudará no dia a dia? Justifique.
- 2) O uso do sistema lhe forneceu mais segurança no deslocamento pela escada?
- 3) O uso do sistema facilitou sua orientação e deslocamento pela edificação?
- 4) Você indicaria a implantação da tecnologia em outros locais?
- 5) Há algo que possa ser melhorado no sistema?
- 6) Qual nota você daria para o sistema, de 0 (zero) a 10 (dez), numa escala onde zero você ficou insatisfeito e dez totalmente satisfeito?

Resultados

Potencialidades e viabilidade financeira do sistema

O projeto foi fundamentado em sensores seguidores de linha. Esses sensores, além de ter funcionamento simples, possuem baixo custo. Isso fez com que o projeto tivesse um custo baixo, cerca de R\$ 400,00. Adicionalmente, os sensores utilizados podem ser acoplados facilmente a materiais diversos. Nesse sentido, os sensores são de fácil adaptação em qualquer corrimão, seja de escada, rampa, passarelas e até mesmo corredores, eliminando o custo de se fabricar um corrimão específico para o sistema. Este fato, aliado ao baixo custo, será muito importante para o sucesso e difusão da tecnologia.

Como resultado, o custo para implementação do sistema de sinalização espacial-sonora para deficientes visuais permanecerá baixo para as organizações. Assim, além de ter funcionamento simples e custo baixo de execução, o presente sistema de sinalização para deficientes visuais constitui-se uma tecnologia altamente replicável.

Funcionamento do sistema

Testes simples do funcionamento do protótipo indicaram êxito do sistema de sinalização espacial-sonora. Todas as vezes em que se aproximou a mão do sensor, acoplado ao corrimão, ele acionou a gravação, que foi reproduzida pela caixa de som. Nos testes, os sensores foram acionados em sequência e alternadamente, e sempre as gravações foram reproduzidas de maneira correta. Assim, os sensores identificaram a presença de objeto a sua frente, simulando a subida ou descida de um usuário. Após a identificação, os sensores funcionaram dentro do programado, acionando ou desligando os sensores entre si.

O funcionamento exitoso do sistema foi proporcionado pela modificação na programação, disposição e quantidade de sensores. A decisão de alterar o previsto, por ocasião do plano de pesquisa, proporcionou o funcionamento lógico da programação. Esse foi um ponto muito sensível, tendo em vista as várias possibilidades do portador de deficiência visual durante seu deslocamento a

exemplo das seguintes situações: levar pouco ou muito tempo para transpor o obstáculo; ao se deparar com uma escada, o deficiente pode parar pelo caminho, subir e identificar que o destino não era o desejado; deslocar alguns metros e retornar ao ponto inicial. Essas são apenas algumas variáveis externas ao sistema elaborado, que a lógica da nova programação foi capaz de sanar.

O Módulo Sensor Seguidor de Linha TCRT5000 funcionou com efetividade. Como há um controle de sensibilidade, este foi ajustado de maneira que a gravação seja acionada apenas quando o usuário passar uma das mãos bem próxima ao corrimão. Isso foi feito para evitar que pessoas passem pelo obstáculo e acionem a gravação de maneira involuntária. Constatou-se um problema no funcionamento do Módulo MP3 WTV020-SD, que não funcionou de maneira adequada à necessidade do sistema devido à memória do cartão, que era de 2 GB. Por isso, este foi substituído por cartão de 1GB, com capacidade suficiente para armazenar a sinalização bilíngue.

A caixa amplificadora de som demonstrou-se como um ponto sensível do sistema. Apesar de o deficiente visual ter um sistema auditivo apurado, o uso de equipamento amplificador de baixa qualidade pode gerar ruídos que interferirão na orientação do usuário. Testes comparativos, com outros modelos de caixas de som, demonstraram este fato e indicaram que o Módulo MP3 WTV020-SD aliado à caixa amplificadora com 15 W RMS de potência atenderam às necessidades. No primeiro teste foi conectada uma caixa de som de 5 volts que em uma sala silenciosa funcionou perfeitamente. Contudo, ao ser ligada em um ambiente com muito ruído, não foi possível ouvir a mensagem com nitidez. Por isso, a caixa de som de 5v foi substituída por outra de 15v, o que solucionou o problema, portanto, a potência da caixa de som deve ser sempre avaliada dependendo do local em que será instalado o sistema. Isso é importante para locais onde os obstáculos são transpostos por muitas pessoas ao mesmo tempo, cujo barulho de origem qualquer pode interferir no entendimento da mensagem de orientação pelo deficiente visual durante a sinalização espacial-sonora.

Uso da tecnologia pelos deficientes visuais

O sistema de sinalização espacial-sonora teve êxito e demonstrou-se eficaz para orientação dos deficientes visuais durante seu deslocamento. Isso ficou evidente pelo fato de que eles acertaram, sem nenhuma dificuldade, o caminho até o destino que haviam escolhido, tanto subindo quanto descendo a escada. Esse resultado implicou em uma satisfação média de 8,5 e indicou que a sinalização sonora transmitida pelo sistema orientou com efetividade os deficientes visuais para a percepção adequada do espaço, haja vista que, mesmo desconhecendo as instalações do colégio e os obstáculos que o prédio contém, todos acertaram os destinos para os quais queriam se deslocar.

A eficácia na orientação espacial e satisfação dos deficientes visuais pelo sistema foram evidenciadas nas respostas fornecidas durante as entrevistas. Questionados se o sistema de sinalização espacial-sonora os ajudaria no dia a dia, fornecendo mais segurança e facilitando a orientação ao deslocamento por obstáculos, todos os deficientes visuais afirmaram que sim. De acordo com eles, o dispositivo de voz no corrimão *“é uma novidade”* que *“dá a orientação necessária para a locomoção”*; *“já que não enxergando, temos que usar a audição”*, especialmente, *“em ambientes desconhecidos, para se orientar melhor”*. Em função do êxito e aceitação da tecnologia, todos afirmaram que indicariam a implantação do sistema em outros locais.

Apesar disso, os deficientes informaram que há algumas oportunidades de melhoria. Dentre as oportunidades, eles afirmaram que deveria *“ter caixas de som ao longo de toda a escada”*, não apenas no início ou final do obstáculo. Afirmaram também que as caixas de som deveriam estar *“posicionadas sempre à frente”*, ao encontro do deslocamento. Além disso, *“o áudio pode ser mais rápido e objetivo, mas repetindo a orientação final para que tenhamos certeza do sentido de onde queremos ir”*, sendo importante um *“som mais alto e estéreo”*. Essa observação foi muito pertinente, já que os deficientes visuais têm audição apurada, com capacidade de assimilar informações a uma maior frequência que pessoas cuja visão é normal (MOEHLECKE, 2004).

Assim, a tecnologia atendeu satisfatoriamente ao objetivo a que se propôs. Nesse sentido, o sistema de sinalização espacial-sonora para deficientes visuais é uma inovação que se soma às tecnologias existentes, como o braille (DIRECT, 2017), o piso tátil de alerta e o anel-corrimão (WAT, 2017). Nessa perspectiva, o braille pode ser aplicado ao corrimão para indicar, por exemplo, a presença do sensor ou da sinalização sonora. O piso tátil deve estar aplicado na direção do sensor seguidor de linha do corrimão. O anel-corrimão, por sua vez, se mantém igualmente importante para indicar ao deficiente o término do obstáculo. Aliadas, essas tecnologias trarão mais segurança para que o sistema de sinalização espacial-sonora forneça acessibilidade que propõe aos deficientes visuais.

Realizada por meio de uma orientação simples, inteligente e de baixo custo, os resultados indicaram que a sinalização sonora proporcionará mais autonomia aos deficientes visuais, durante seu deslocamento. Em última análise, isso garantirá os seus direitos e o exercício da cidadania para redução das desigualdades, objetivo este que figura entre as metas da Organização das Nações Unidas para uma sociedade mais justa e sustentável (PNUD, 2015).

Conclusões

A dificuldade de locomoção dos deficientes visuais é agravada pelo fato de não terem acesso a informações textuais grafadas em placas, no teto e no piso de edificações. Como resultado, o deslocamento por obstáculos, como rampas, escadas e passarelas, representa riscos à sua integridade física. Por isso, o sistema de sinalização fundamentou-se na sonorização das informações para orientar os deficientes na percepção do espaço.

A tecnologia funcionou com êxito e mostrou-se efetiva para orientar, com segurança, deficientes visuais durante o deslocamento por obstáculos em um ambiente desconhecido. Além de efetivo, o sistema teve um custo baixo frente aos benefícios que fornece. Aliado ao fato que ele pode ser facilmente adaptado a corrimãos existentes em qualquer edificação ou área aberta, é muito importante para aceitação, adesão e difusão da tecnologia nas organizações.

A difusão do sistema de sinalização espacial-sonora nas organizações possibilitará que os deficientes se desloquem de maneira independente e mais segura. Isso favorecerá a autonomia e a acessibilidade, para o exercício de seus direitos, e contribuirá, em grande medida, para desenvolvimento de uma sociedade mais justa.

Agradecimentos

Ao **Departamento e Educação e Cultura do Exército Brasileiro (DECEX)**, por meio da **Diretoria de Educação Preparatória e Assistencial (DEPA)**, pelo apoio para divulgação da tecnologia na 16ª Feira Brasileira de Ciências e Engenharia da Universidade de São Paulo (FEBRACE 2018/ USP). Ao **Coronel Mário Anselmo Marszalek**, Comandante e Diretor de Ensino do Colégio Militar de Manaus (CMM), pelo incentivo e apoio irrestritos para que o projeto fosse executado. À **Associação de Pais e Mestres (APM)** do CMM pelo financiamento do projeto. Aos professores de linguagens, **Danielle Pena Nery**, **Débora Renata de Freiras Braga**, **Cely Oliveira de Souza** e **Romell Kulmann Carvalho**, do CMM, pela revisão linguística e correção gramatical de todo o projeto.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT: **NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Disponível em: <<http://www.ufpb.br/cia/contents/manuais/abnt-nbr9050-edicao-2015.pdf>>. Acesso em 10 de agosto de 2017.

BRASIL. Texto da **Lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989. Apoio às pessoas portadoras de deficiência, sua integração social**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7853.htm>. Acesso em 02 de setembro de 2017.

BRASIL. **Texto da Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm>. Acesso em 10 de agosto de 2017.

DIRECT. **Anel-corrimão**. Disponível em <<http://www.directborrachas.com.br/braille-corrimao>>. Acesso em 02 de setembro de 2017.

FDNC. Fundação Dorina Nowill para Cegos. **Estatísticas da Deficiência Visual**. Disponível em: <<https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/estatisticas-da-deficiencia-visual/>>. Acesso em 06 de agosto de 2017.

IBGE. **Censo Demográfico**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000008473104122012315727483985.pdf>>. Acesso em 10 de agosto de 2017.

LYSA. **Cão-guia Robô**. Disponível em: <<http://www.caoguiarobo.com.br/>>. Acesso em 05 de setembro de 2017.

MOEHLECKE, R. **Cegos de nascença têm audição mais apurada**. Ciência Hoje. 2004. Disponível em: <http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/381/n/cegos_de_nascenca_tem_audicao_mais_apurada>. Acesso em 02 de setembro de 2017.

NUNES, S.; LOMÔNACO, J. F. B. O aluno cego: preconceitos e potencialidades. **Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, vol. 14, n. 1, p. 55-64. 2010.

PNUD. 2015. **The Global Goals For The Sustainable Development**. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável – 50 anos. Disponível em <<http://www.globalgoals.org/pt/>>. Acesso em 01 de outubro de 2017.

RAMOS, M. S.; SILVA, M. R.; LIMA JUNIOR, C. A. V. **Sistema de Sensoriamento para Deficientes Visuais**. In: ANAIS DA 15ª FEIRA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA. LOPES, R. D.; FICHEMAN, I. K.; SAGGIO, E. (org). EPUSP: São Paulo. v. 15, 2017. 451p.

WAT. **Acessibilidade. Piso tátil**. Disponível em: <<http://www.pisostatilpvc.com.br/piso-tatil-direcional>>. Acesso em 05 de setembro de 2017.