

Dispositivo óptico vestível para o auxílio de deficientes visuais na sala de aula

Wearable optical device for the visually impaired in the classroom

Dispositivo óptico utilizável para ajudar a discapacidades visuales en el aula

Recebido: 02/09/2020 | Revisado: 10/09/2020 | Aceito: 11/09/2020 | Publicado: 13/09/2020

André Fiel Borges

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1228-6304>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: fiel.afb@gmail.com

Judson Ferreira dos Santos Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3595-7630>

Universidade Potiguar, Brasil

E-mail: judsonjr802@gmail.com

Leticia Oliveira Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4906-1819>

Universidade Potiguar, Brasil

E-mail: leleoliveirasousa@gmail.com

Renan Cavalcante Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9461-7874>

Universidade Potiguar, Brasil

E-mail: souza.renancavalcante@gmail.com

Rafael Cavalcante Duarte Galvão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6944-9162>

Universidade Potiguar, Brasil

E-mail: rafaelgalvao822@gmail.com

Vinícius Campos Tinoco Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8224-2796>

Instituto Metrópole Digital, Brasil

E-mail: viniciuscampos120@gmail.com

Vitor Rodrigues Greati

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3240-386X>

Instituto Metrópole Digital, Brasil

E-mail: vitorgreati@gmail.com

Ivanovitch Medeiros Dantas da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0116-6489>

Instituto Metrópole Digital, Brasil

E-mail: ivanovitchm@gmail.com

Francisco Irochima Pinheiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8879-3997>

Universidade Potiguar, Brasil

E-mail: irochima@gmail.com

Resumo

A baixa visão   uma condi o caracterizada pelo comprometimento visual mesmo após tratamento ou corre o médica, gerando diversos impactos na vida dos indivíduos. Diante disso, a utiliza o de dispositivos auxiliares   fundamental para mitigar os efeitos da perda visual. Entre os diversos auxílios ópticos disponíveis atualmente, a maior parte ainda apresenta um custo elevado, o que dificulta a sua aquisi o pelos pacientes. O presente trabalho teve como propósito a cria o de um dispositivo óptico vestível para baixa visão, utilizando tecnologias de impressão 3D com baixo custo final. Foi realizado um estudo descritivo do tipo experimental, dividido em 7 etapas: Ideaqo e cria o, Modelagem 3D, Impressão 3D das peças estruturais, Desenvolvimento de aplicativo próprio, Montagem, Testes e Calibra o. Durante as 3 primeiras etapas criamos um suporte de cabeça para receber um smartphone e um módulo de captura e transmissão de imagens. Em seguida, foi desenvolvido um aplicativo que enviasse as imagens do módulo ao smartphone. Por fim, foi realizada a calibra o do conjunto com um voluntário com baixa visão. Foi desenvolvido um dispositivo óptico vestível funcional na forma de MVP (Minimum Viable Product) que passou por testes e alguns ajustes de funcionalidade. O trabalho resultou na cria o de um MVP que está sujeito a modifica es industriais para seu aperfei amento. No entanto, o processo de valida o do dispositivo para a utiliza o por sujeitos de baixa visão já está em andamento pelos autores do trabalho..

Palavras-chave: Baixa visual; Reabilita o; Dispositivos vest veis; Aplicativo para smartphone; Dispositivo médico.

Abstract

Low vision is characterized by visual impairment even after treatment or medical correction, causing a number of impacts on the life of individuals. Thus, the use of assistive devices is

essential to mitigate the effects of visual loss. Most of the different optical devices currently available are costly, which hinders their acquisition. The present study aimed at creating a wearable optical device for low vision, using low-cost 3D impression technologies. This is a descriptive experimental study, divided into 7 stages: ideation and creation, 3D modeling, 3D printing of structural parts, development of an original application, assembly, tests and calibration. During the first 3 stages, we created a head support onto which a smartphone could be attached as well as an image transmission and capturing module. Next, an application was developed to send the module images to the smartphone. Finally, the ensemble was calibrated with the help of a volunteer with low vision. A functional wearable optical device was developed in the form of an MVP (minimum viable product), which underwent tests and a number of functionality adjustments. The study resulted in the creation of an MVP that will be perfected through industrial modifications. However, the authors of this study are in the process of validating the device for use in subjects with low vision.

Keywords: Low vision; Rehabilitation; Wearable devices; Smartphone application; Medical device.

Resumen

La baja visión es una condición caracterizada por una discapacidad visual incluso después de un tratamiento o corrección médica, que genera varios impactos en la vida de las personas. Por tanto, el uso de dispositivos auxiliares es fundamental para mitigar los efectos de la pérdida visual. Entre las diversas ayudas ópticas disponibles en la actualidad, la mayoría sigue teniendo un coste elevado, lo que dificulta que los pacientes las adquieran. El propósito de este trabajo fue crear un dispositivo óptico portátil para baja visión, utilizando tecnologías de impresión 3D con bajo costo final. Se realizó un estudio experimental descriptivo, dividido en 7 etapas: Ideación y creación, Modelado 3D, Impresión 3D de piezas estructurales, Desarrollo de aplicación propia, Montaje, Ensayos y Calibración. Durante los primeros 3 pasos creamos un soporte para la cabeza para recibir un teléfono inteligente y un módulo de captura y transmisión de imágenes. Luego, se desarrolló una aplicación para enviar las imágenes del módulo al teléfono inteligente. Finalmente, se calibró el conjunto con un voluntario con baja visión. Se desarrolló un dispositivo óptico vestible funcional en forma de MVP (Producto Mínimo Viable), que fue sometido a pruebas y algunos ajustes de funcionalidad. El trabajo resultó en la creación de un MVP que está sujeto a modificaciones industriales para su mejora. Sin embargo, los autores del estudio ya están llevando a cabo el proceso de validación del dispositivo para su uso por sujetos con baja visión.

Palabras clave: Discapacidade visual; Rehabilitación; Dispositivos portáteis; Aplicación para teléfonos inteligentes; Dispositivo médico.

1. Introdução

A baixa visão é caracterizada pelo comprometimento visual mesmo após tratamento ou correção, causando impactos psicossociais, econômicos e à saúde. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), 246 milhões de pessoas em todo o mundo apresentam cegueira parcial moderada a severa, sendo 39 milhões portadores de cegueira total (Pascolini & Mariotti, 2011; Moisseiev & Mannis, 2016; Thomas, Barker, Rubin, & Dahlmann-Noor, 2015).

Para os indivíduos acometido, existe um impacto negativo significativo no aprendizado escolar com posterior comprometimento do seu futuro profissional. Como agravante, tais pessoas podem ainda se tornar dependentes para realização de atividades diárias, incluindo a locomoção (Rovner et al., 2014). Economicamente, a deficiência visual parcial, gera um gasto anual, para o Canadá, de aproximadamente 15 bilhões de dólares canadenses, assim como de US\$ 139 bilhões para os Estados Unidos. O custo/investimento direto na saúde requerido para tratar o acúmulo de cegueira evitável em dez anos (2011 a 2020) foi estimado em US \$ 23,1 bilhões (Fred Hollows Foundation, 2013). Nesse cenário é imperativo que a abordagem do paciente com baixa visão possibilite, entre outros aspectos a sua independência em realizar tarefas pessoais e profissionais, bem como a melhoria da sua qualidade de vida (Rovner et al., 2014; Lane et al., 2018). Para isso, a utilização de dispositivos ópticos que auxiliem na melhoria da visão é fundamental (Markowitz, 2016; Virgili et al., 2018; Smallfield et al., 2017; Ehrlich et al., 2017).

Diversos auxílios estão disponíveis atualmente, com grande potencial de uso para os portadores de baixa visão. O próprio iPad (Apple, Inc) foi visto como um possível dispositivo de auxílio, devido às suas configurações (Mednick, Jaidka, Nesda, & Bona, 2017). Entre esses dispositivos estão o Optelec Compact+, Optelec Compact 4HD, Schweizer eMAG 43 e Eschenbach Mobilux Digital sendo exemplos de p-EVES (portable electronic vision enhancement systems), sistemas eletrônicos de aprimoramento de visão portáteis (Wittich, Jarry, Morrice, & Johnson, 2018; Taylor et al, 2017). Porém, a maioria desses dispositivos ainda apresenta alto custo, com dispositivos que chegam até £545, o que dificulta a sua aquisição pelos pacientes (Bray et al., 2017). Apesar da diversidade de equipamentos disponíveis, ainda há uma carência de evidências que comprovem a superioridade de algum

dispositivo óptico sobre os demais.

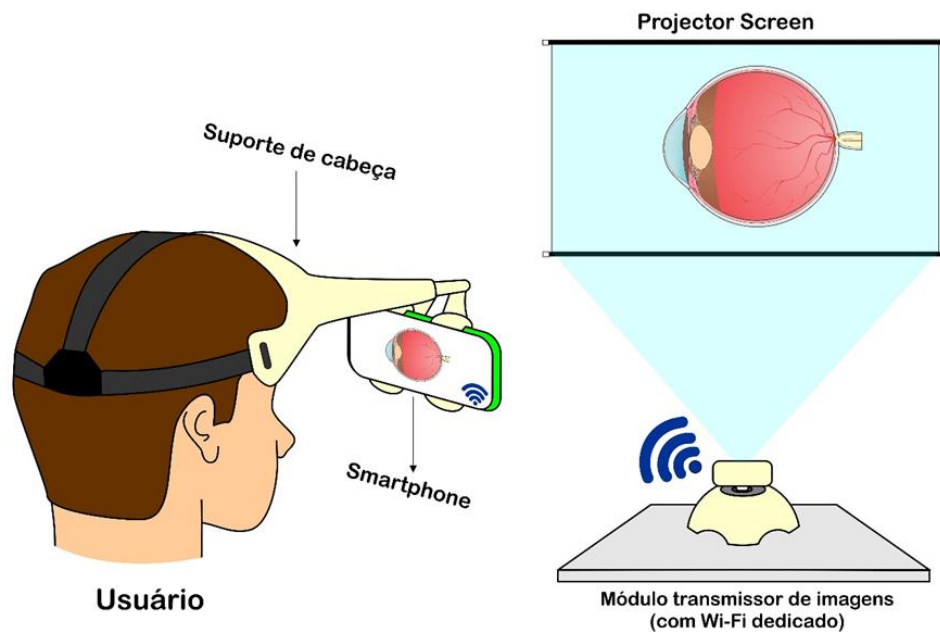
Diante dessa problemática, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um auxílio óptico para indivíduos com baixa visão, utilizando-se da tecnologia de impressão 3D e com baixo custo final. É importante ressaltar que o projeto foi realizado para atender às necessidades de uma estudante de medicina do oitavo período da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), portador da distrofia de cone, forma de retinopatia degenerativa caracterizada por grave deficiência visual bilateral e que dificultava de forma marcante seu aprendizado em aulas práticas e teóricas. O aluno atualmente trabalha como médico e planeja estabelecer uma startup para desenvolver o dispositivo de baixo custo em grande escala para pessoas com deficiência visual parcial.

2. Metodologia

A pesquisa se refere a um estudo descritivo, qualitativo e de caráter inventivo que engloba a criação, o desenvolvimento e testes de um dispositivo óptico vestível para o auxílio de pessoas com visão subnormal (Pereira, Shitsuka, Pereira, & Shitsuka, 2018). O projeto foi desenvolvido no Serviço de Oftalmologia da UFRN contando com o suporte de duas startups, sendo uma já graduada (Ciência Ilustrada studio®) e outra ainda incubada (Natal Makers®) no INOVA MetrÓpole do Instituto MetrÓpole Digital (IMD-UFRN). O desenvolvimento do protÓtipo teve a duração de 10 meses e foi dividido em 7 etapas: Ideação e criação, Modelagem 3D, Impressão 3D das peças estruturais, Desenvolvimento de aplicativo próprio, Montagem, testes e calibração.

O processo de ideação e criação foi todo desenvolvido por oftalmologista especializado no processo ensino e aprendizagem e pertencente ao serviço de oftalmologia da UFRN, juntamente com um aluno portador de baixa visão bilateral do curso de medicina e uma equipe de engenheiros da computação, utilizando metodologias próprias de criação e tendo as orientações do aluno como usuário. O projeto se baseou na criação de um suporte de cabeça capaz de sustentar um smartphone convencional e um módulo de transmissão de imagens sem fio e com Wi-Fi dedicado. A finalidade era criar um conjunto para capturar a imagem de uma aula expositiva por meio da câmera presente no módulo de transmissão, transmiti-la para o software (aplicativo próprio) instalado no smartphone, processá-la e apresentar na tela do smartphone promovendo magnificação e melhoria da capacidade visual (Figura 1).

Figura 1 - Concepção do dispositivo óptico vestível com suporte de cabeça para smartphone e módulo transmissor de imagem.



Fonte: Ilustração elaborada pelos próprios autores (2019).

A Figura 1 demonstra o processo de ideação elaborado pela equipe composta por um oftalmologista, engenheiros elétricos e da computação e por um aluno do curso de medicina portador de deficiência visual bilateral parcial. O conceito consiste em um módulo transmissor sem fio, dotado de uma câmera e com Wi-Fi próprio que capture a imagem projetada na tela da sala de aula e transmita para o smartphone do usuário que se encontra sustentado por um suporte ajustável em sua cabeça.

As peças estruturais dos hardwares foram criadas utilizando o programa de desenho vetorial CorelDRAW X8® (Corel Corporation, Ottawa, Canada). A modelagem 3D foi realizada utilizando o programa Inventor Professional 3D CAD (Autodesk, Inc 111 McInnis Parkway San Rafael, CA 94903) e impressas através da impressora Sethi 3D AiP® (Sethi 3D Ind Com Prod Eletrônico, Campinas, SP) em plástico ABSplus® (Figura 2).

Figura 2 - Modelagem 3D do suporte de cabeça utilizando o programa Inventor Professional 3D CAD.



Fonte: Ilustração elaborada pelos próprios autores (2019).

Na Figura 2, encontra-se representada a modelagem 3D do suporte vestível de cabeça que serve de sustentáculo para o smartphone. Nela pode ser percebido o caráter ergonômico da testeira para um encaixe confortável para um uso duradouro. Durante a modelagem dessa peça, os autores tiveram o cuidado de equilibrar características como custo de confecção, peso, durabilidade e conforto da peça.

O aplicativo para exibição em smartphones Android foi desenvolvido para captar as imagens de interesse, processá-las e exibi-las na tela do smartphone acoplado ao suporte de cabeça. Foi implementado diretamente na linguagem Java, com suporte às versões 4.1 e superiores. Sob a orientação do aluno usuário, filtros foram criados para ampliar o espectro de visão em diversos fundos. Os filtros pertencem ao domínio de Processamento de Imagens Digitais e consistem em transformações realizadas sobre os pixels e canais das imagens originais. A biblioteca OpenCV 3.2 foi utilizada para o desenvolvimento, pois possui diversas implementações eficientes dos principais algoritmos necessários.

Após a manufatura das peças estruturais e desenvolvimento do aplicativo para smartphone, todos os componentes foram montados dando origem a um MVP (Minimum Viable Product) para ser testado quanto a sua funcionalidade. Os testes foram realizados em

um ambiente simulando uma sala de aula convencional. Nesta etapa foram realizados ajustes do suporte da cabeça e treinamento de manipulação do aplicativo no smartphone.

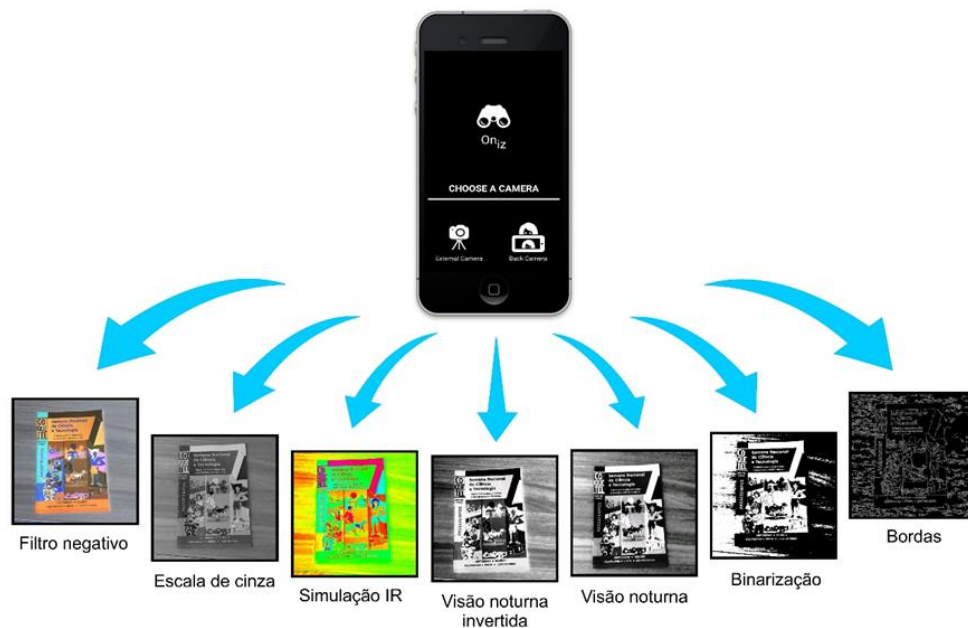
3. Resultados e Discussão

Como resultado, foram desenvolvidos um suporte de cabeça para receber um smartphone, um módulo de captura e transmissão de imagem e um aplicativo para ser embarcado em um smartphone Android.

O suporte de cabeça é composto por uma testeira com correias ajustáveis, uma haste de suporte e uma garra para o smartphone, pesando 210 gramas. O módulo transmissor consiste de uma Raspberry Pi Zero W equipada com uma câmera Raspicam NOIR e uma bateria capaz de prover uma autonomia de pelo menos 3h30min, todo o conjunto envelopado em um case confeccionado em impressora 3D. A Raspberry foi configurada de tal forma que, ao ser ligada, inicia a transmissão das imagens da câmera em tempo real para uma rede própria, o que é possível graças ao seu módulo Wi-Fi embutido, com funcionalidade de ponto de acesso. Dessa forma, os usuários do sistema podem se conectar remotamente à rede sem fio do transmissor e receber as imagens em tempo real obtidas pela câmera.

Dois modos de utilização foram disponíveis: um para captar as imagens a partir da câmera do celular e outro para receber as imagens disponibilizadas na rede local do módulo transmissor. Para ambos, estará disponível um menu de seleção de filtros, os quais serão aplicados às imagens antes de serem exibidas, almejando aumentar a legibilidade de acordo com as necessidades do usuário de baixa visão (Figura 3). Os sete filtros disponibilizados foram:

Figura 3 - Filtros disponíveis no aplicativo desenvolvido para ser instalado no smartphone utilizado com o dispositivo.



Fonte: Ilustração elaborada pelos próprios autores (2019).

A Figura 3 representa os diversos filtros disponíveis que podem ser selecionados pelo paciente para serem utilizados em situações específicas. Tais sugestões foram aventadas pelo próprio aluno com deficiências e que compõem a equipe de desenvolvimento, uma vez que ele percebia a dificuldade para decifrar detalhes de algumas imagens mesmo fotografando e ampliando o que era projetado na sala de aula. Um dos exemplos seriam imagens de radiografias, ultrassonografias, tomografias ou ressonância nuclear magnética apresentadas pelo professor na sala de aula durante o curso de medicina ao qual o aluno era matriculado.

O filtro negativo promove a inversão das cores da imagem onde os pixels mais claros irão parecer mais escuro e vice-versa. O filtro denominado escala de cinza representa a aplicação da cor cinza em todas as nuances, transformando todas as cores para essa escala, produzindo imagens monocromáticas. No filtro infravermelho simulado, o efeito produz transformações da imagem que resultam em um destaque para os pixels com cores próximas do azul e vermelho.

A visão noturna, por sua vez, transforma as cores para escala de cinza, seguida de uma equalização de histograma, resultando em uma imagem com maior destaque aos objetos. Por outro lado, a visão noturna invertida segue o mesmo princípio da anterior, porém ao final os

pixels brancos passam a serem pretos e os pretos assumem a cor branca.

A binarização representa a transformação para escala de cinza, seguida de uma limiarização, produzindo imagens com pixels brancos ou pretos, dependendo do limiar aplicado. Por fim, porém não menos importante, o filtro denominado de bordas faz a transformação para escala de cinza, seguida da aplicação da segmentação de bordas pelo método Canny, resultando em uma imagem de fundo preto apenas com os contornos dos objetos das imagens originais na cor branca.

Além dessas funcionalidades, também foi possível incluir uma ferramenta de zoom, que favorece um melhor rendimento para o usuário em situações especiais nas quais se deseja magnificar o campo de observação durante aulas práticas ou teóricas (Figura 4).

Figura 4 - Montagem dos componentes estruturais (Hardware e software) – suporte de cabeça, módulo transmissor de imagens e aplicativo.



Fonte: Ilustração elaborada pelos próprios autores (2019).

A Figura 4 demonstra o conjunto formado pelo suporte de cabeça com correias ajustáveis posterior e garra anterior para sustentação do smartphone (à esquerda), o módulo de transmissão de imagem com câmera própria que é fixado em qualquer lugar para capturar a tela de projeção na sala de aula (à direita e abaixo) e o smartphone do usuário com o aplicativo próprio instalado onde por meio de toques na tela podem ser selecionados o modo de captura da imagem (câmera do próprio smartphone ou do módulo de transmissão), filtros e realização da função zoom.

Ao final, foi desenvolvido um dispositivo óptico vestível funcional na forma de MVP (Minimum Viable Product) que passou por testes e alguns ajustes de funcionalidade com usuário portador de deficiência visual parcial bilateral (Figura 5).

Figura 5 - Demonstração de modo de utilização do dispositivo desenvolvido.



Fonte: Ilustração elaborada pelos próprios autores (2019).

A Figura 5 representa o modo de utilização do suporte ajustável de cabeça pelo usuário. Nela pode ser observado o aspecto ergonômico da testeira que se encaixa de modo confortável. A distância do smartphone próximos aos olhos permite uma melhoria na capacidade visual nos pacientes com deficiência parcial, pois promove magnificação da imagem e utilização dos campos paracentrais da retina nos casos de doenças que acometem a retina central como no caso do aluno que estimulou o desenvolvimento do dispositivo.

Vários dispositivos ópticos foram desenvolvidos para aumentar a independência de indivíduos com baixa visão. Dentre eles podemos citar lupas de mão ou montadas em óculos, television readers, sistemas eletrônicos portáteis de aprimoramento de visão conhecidos como Portable Electronic Vision Enhancement Systems (p-EVES) e dispositivos de reconhecimento óptico de caracteres (Wittich, Jarry, Morrice, & Johnson, 2018; Wolffsohn & Peterson, 2003; Trulaske & Meyer, 1997).

Como o próprio no indica, as lupas de mão são utilizadas através do manuseio do próprio paciente e apesar de serem acessíveis para a maioria das pessoas com deficiência

visual pois podem ser confeccionadas até com materiais recicláveis apresentam uma grande limitação que é a necessidade de ocupar uma das mãos para serem utilizadas. Em um ambiente educacional como uma sala de aula em que o aluno desempenha diversas tarefas ao mesmo tempo, a ocupação de um dos membros com o auxílio óptico representa uma limitação considerável. Diferente da categoria das lupas de mão, o equipamento aqui sugerido não necessita que nenhuma das mãos do usuário seja ocupada durante o seu uso, pois consiste em um dispositivo vestível que é afixado na cabeça por meio de um suporte (Göken, Basoglu, & Dabic, 2016; Bowers, 2000). A necessidade de sustentação manual de qualquer dispositivo durante o seu uso limita de forma marcante sua utilização em pacientes que não contam com a plena funcionalidade desses membros como nos indivíduos com amputações ou ausências de mãos, portadores de doenças que comprometam a motricidade e coordenação, além daqueles que apresentam tremores que dificultem um bom desempenho do dispositivo auxiliar (Crossland, Silva, & Macedo, 2014; Göken, Basoglu, & Dabic, 2016).

A manipulação ocasional da escolha dos filtros, zoom e mudança de direção da câmera do módulo de transmissão de imagens pode ser implementado por meio de movimento de cabeça utilizando o acelerômetro do próprio smartphone, melhorando ainda mais seu desempenho e versatilidade.

Analisando os television readers, alguns dos seus exemplares trabalham apenas com audiodescrição, limitando as interações sociais do indivíduo com deficiência visual, pois permite apenas a otimização do seu mecanismo compensatório auditivo a despeito da melhoria da sua performance de visão (Kloevekorn-Fischer, Kloevekorn-Norgall, Duncker, & Grünauer-Kloevekorn, 2009). Também existe o formato Daisy, que permite a agregar a leitura de textos, áudios e imagens, aumentando a acessibilidade à informação, além de dispositivos híbridos como o scanner de texto com sintetizador de voz. Entretanto, tais dispositivos ainda não são limitados por terem a necessidade de estarem conectados a monitores as vezes com dimensões que impedem a mobilidade do paciente com deficiência, além de necessitar de espaços relativamente consideráveis para serem utilizados em uma sala de aula (Malta et al, 2013). O equipamento aqui descrito pode ser utilizado em qualquer lugar sem a necessidade de estar atrelado a nenhum outro dispositivo como um monitor, facilitando sua mobilidade de forma versátil como, por exemplo, em uma sala de aula.

Em relação aos Portable Electronic Vision Enhancement Systems (p-EVES), classe da qual o dispositivo desenvolvido faz parte, praticamente todos eles compartilham o mesmo inconveniente de apresentarem um elevado custo. Por outro lado, o dispositivo desenvolvido e descrito neste artigo tem um custo consideravelmente menor que os equipamentos de sua

categoria, pois além de utilizar o plástico e outros materiais de baixo custo na sua fabricação, também se vale do smartphone do próprio usuário não havendo necessidade de gasto incremental. Fora isso, o dispositivo óptico vestível aqui descrito além de compartilha dos mesmos benefícios que os outros aparelhos de sua mesma categoria, ainda oferece flexibilidade de uso, portabilidade e as diversas funções de configuração tais como de zoom, contraste e filtros. (Paiva, 2010).

No entanto, uma das limitações atuais do dispositivo óptico vestível descrito se refere à ausência da função de reconhecimento de objetos, cores, textos e faces de pessoas. Tal função está muito bem desenvolvido no dispositivo óptico OrCam MyEye 2.0® disponíveis no mercado por um custo ainda muito elevado (OrCam, 2020; Moisseiev & Mannis, 2016). Essa função permite que o usuário por meio do equipamento possa fazer uma fotografia de um texto e esse ser ditado sonoramente para o usuário. O mesmo princípio se processa para a identificação de cores, objeto e reconhecimento facial de pessoas, de modo que ao fazer o reconhecimento facial por sua câmera, o dispositivo identifica por emissão sonora o nome da pessoa previamente registrada. Apesar disso, existe a intenção de se adicionar tais recursos em versões futuras do aplicativo aqui desenvolvido, o que teria o potencial de disponibilizar o acesso a essa tecnologia a um baixo custo.

Diante desse cenário, buscou-se desenvolver um dispositivo que acumulasse os pontos positivos de várias categorias, sem, no entanto, absorver seus pontos negativos. O primeiro ponto trabalhado, durante seu desenvolvimento, foi o fator custo. Devido ao fato de incorporar um dispositivo eletrônico pré-existente (o smartphone), e a utilização de materiais de baixo valor agregado (plástico), foi possível chegar a um dispositivo de baixo valor final, compatibilizando, desta forma, o acesso à ferramenta por parte do grupo mais representativo dentre os portadores de baixa visão, que é o grupo com renda reduzida, ou pertencente aos países subdesenvolvidos.

Como benefícios adicionais, destaca-se a flexibilidade para inserção de futuros recursos a depender de evoluções tecnológicas possíveis no hardware e processamento da imagem, uma vez que o projeto consiste em um protótipo funcional inicial desenvolvido com muito baixo investimento. Mesmo assim, em um primeiro momento, foi possível ofertar filtros variados e ampliação das imagens (zoom). No entanto, o uso de um ambiente virtual, abre diversas outras possibilidades futuras para a implantação de novos recursos, como o reconhecimento óptico de faces, placas, objetos, texto de forma rápida e acessível ao usuário.

Diante do acima exposto, espera-se disponibilizar em breve uma ferramenta de baixo custo para facilitar o cotidiano dos portadores de deficiência visual parcial, permitindo melhor

desempenho nas suas atividades acadêmicas, profissionais e cotidianas, proporcionando, conseqüentemente, uma melhor qualidade de vida.

4. Considerações Finais

O trabalho teve como resultado a criação de um produto minimamente viável (MVP) de um dispositivo óptico vestível para baixa visão. Atualmente, o MVP aguarda melhoramentos industriais, que possibilitem a melhoria de aspectos como peso, design, ergonomia e ainda uma maior redução dos custos de produção em larga escala. Apesar disso, os autores atualmente já trabalham para realizar a validação do dispositivo atual em pacientes com deficiência visual parcial bilateral.

Para projetos futuros, os autores sugerem a busca por alternativas que utilizem cada vez mais as tecnologias de reconhecimento de caracteres por meio da captação de imagem, porém que possam agregar velocidade de processamento, conforto e praticidade durante a usabilidade a um baixo custo de manufatura.

Referências

Bowers, A. R. (2000). Eye movements and reading with plus-lens magnifiers. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry*, 77(1), 25–33. <https://doi.org/10.1097/00006324-200001000-00010>

Bray, N., Brand, A., Taylor, J., Hoare, Z., Dickinson, C., & Edwards, R. T. (2017). Portable electronic vision enhancement systems in comparison with optical magnifiers for near vision activities: an economic evaluation alongside a randomized crossover trial. *Acta ophthalmologica*, 95(5), e415–e423. <https://doi.org/10.1111/aos.13255>

Crossland, M. D., Silva, R. S., & Macedo, A. F. (2014). Smartphone, tablet computer and e-reader use by people with vision impairment. *Ophthalmic & physiological optics: the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 34(5), 552–557. <https://doi.org/10.1111/opo.12136>

Ehrlich, J. R., Ojeda, L. V., Wicker, D., Day, S., Howson, A., Lakshminarayanan, V., & Moroi, S. E. (2017). Head-Mounted Display Technology for Low-Vision Rehabilitation and

Vision Enhancement. *American journal of ophthalmology*, 176, 26–32.
<https://doi.org/10.1016/j.ajo.2016.12.021>

Fred Hollows Foundation. (2013). The price of sight: The global cost of eliminating avoidable blindness (pp. 1-63). Canberra. Recuperado de <https://d-net.idf.org/en/library/288-the-price-of-sight-the-global-cost-of-eliminating-avoidable-blindness.html>

Göken, M., Basoglu, N., & Dabic, M. (2016). 2016 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET). In 2016 Portland International Conference on Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7806835>

Kloevekorn-Fischer, U., Kloevekorn-Norgall, K., Duncker, G., & Grünauer-Kloevekorn, C. (2009). Ergebnisse der optischen Rehabilitation mit vergrößernden Sehhilfen bei Patienten mit irreversibel visuslimitierenden Erkrankungen [Results of low-vision rehabilitation in vision impaired patients]. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*, 226(5), 428–431.
<https://doi.org/10.1055/s-0028-1109194>

Lane, J., Rohan, E., Sabeti, F., Essex, R. W., Maddess, T., Dawel, A., Robbins, R. A., Barnes, N., He, X., & McKone, E. (2018). Impacts of impaired face perception on social interactions and quality of life in age-related macular degeneration: A qualitative study and new community resources. *PloS one*, 13(12), e0209218.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209218>

Malta, D. C., Stopa, S. R., Canuto, R., Gomes, N. L., Mendes, V. L., Goulart, B. N., & Moura, L. (2016). Self-reported prevalence of disability in Brazil, according to the National Health Survey, 2013. Prevalência autorreferida de deficiência no Brasil, segundo a Pesquisa Nacional de Saúde, 2013. *Ciencia & saude coletiva*, 21(10), 3253–3264.
<https://doi.org/10.1590/1413-812320152110.17512016>

Markowitz, S. N. (2016). State-of-the-art: low vision rehabilitation. *Canadian journal of ophthalmology. Journal canadien d'ophtalmologie*, 51(2), 59–66.
<https://doi.org/10.1016/j.jcjo.2015.11.002>

Mednick, Z., Jaidka, A., Nesdole, R., & Bona, M. (2017). Assessing the iPad as a tool for low-vision rehabilitation. *Canadian journal of ophthalmology. Journal canadien d'ophtalmologie*, 52(1), 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.jcjo.2016.05.015>

Moisseiev, E., & Mannis, M. J. (2016). Evaluation of a Portable Artificial Vision Device Among Patients With Low Vision. *JAMA ophthalmology*, 134(7), 748–752. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2016.1000>

OrCam - Ajude as pessoas que são cegas ou parcialmente cegas. *OrCam*. (2020). Recuperado de <https://www.orcam.com/pt/>.

Paiva, Vera Menezes de O. (2010). Ambientes virtuais de aprendizagem: implicações epistemológicas. *Educação em Revista*, 26(3), 353-370. <https://doi.org/10.1590/S0102-46982010000300018>

Pascolini, D., & Mariotti, S. P. (2012). Global estimates of visual impairment: 2010. *The British journal of ophthalmology*, 96(5), 614–618. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2011-300539>

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Pereira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado de https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Este e-book é gratuito

Rovner, B. W., Casten, R. J., Hegel, M. T., Massof, R. W., Leiby, B. E., Ho, A. C., & Tasman, W. S. (2014). Low vision depression prevention trial in age-related macular degeneration: a randomized clinical trial. *Ophthalmology*, 121(11), 2204–2211. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.05.002>

Smallfield, S., Berger, S., Hillman, B., Saltzgaber, P., Giger, J., & Kaldenberg, J. (2017). Living with Low Vision: Strategies Supporting Daily Activity. *Occupational therapy in health care*, 31(4), 312–328. <https://doi.org/10.1080/07380577.2017.1384969>

Taylor, J. J., Bambrick, R., Brand, A., Bray, N., Dutton, M., Harper, R. A., Hoare, Z., Ryan, B., Edwards, R. T., Waterman, H., & Dickinson, C. (2017). Effectiveness of portable electronic and optical magnifiers for near vision activities in low vision: a randomised crossover trial. *Ophthalmic & physiological optics: the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 37(4), 370–384. <https://doi.org/10.1111/opo.12379>

Thomas, R., Barker, L., Rubin, G., & Dahmann-Noor, A. (2015). Assistive technology for children and young people with low vision. *The Cochrane database of systematic reviews*, (6), CD011350. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011350.pub2>

Trulaske, J. & M. Meyer, D., 1997. Hand-Held Reading Device For The Visually Impaired. US5633674A.

Virgili, G., Acosta, R., Bentley, S. A., Giacomelli, G., Allcock, C., & Evans, J. R. (2018). Reading aids for adults with low vision. *The Cochrane database of systematic reviews*, 4(4), CD003303. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003303.pub4>

Wittich, W., Jarry, J., Morrice, E., & Johnson, A. (2018). Effectiveness of the Apple iPad as a Spot-reading Magnifier. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry*, 95(9), 704–710. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001269>

Wolffsohn, J. S., & Peterson, R. C. (2003). A review of current knowledge on Electronic Vision Enhancement Systems for the visually impaired. *Ophthalmic & physiological optics: the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 23(1), 35–42. <https://doi.org/10.1046/j.1475-1313.2003.00087.x>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

André Fiel Borges – 14%
Judson Ferreira dos Santos Junior – 10%
Leticia Oliveira Sousa – 8%
Renan Cavalcante Souza – 8%
Rafael Cavalcante Duarte Galvão – 8%
Vinícius Campos Tinoco Ribeiro – 13%
Vitor Rodrigues Greati – 13%
Ivanovitch Medeiros Dantas da Silva – 13%
Francisco Irochima Pinheiro – 13%