

Célula Mecatrônica Tateável para Interpretação de Caracteres Braille de Texto Digitalizado ou Sonoro para Portadores de Deficiência Visual

Augusto Xavier Pimentel
augusto.pimentel@gmail.com
UNA

Hebert Nascimento de Paula
hndepaula@yahoo.com.br
UNA

João Henrique dos Santos de Paula
henriquesantosbh@hotmail.com
UNA

Maxwell Mendes Marciano
maxmendes.m@gmail.com
UNA

Rafael Matheus Hissa
rafael-hissa@hotmail.com
UNA

Resumo: O presente trabalho apresenta uma pesquisa de campo desenvolvida no Instituto São Rafael - estabelecimento da rede estadual de de educação especial em Belo Horizonte, dedicado à educação de portadores de deficiência visual - que teve como objetivo identificar as principais limitações e dificuldades enfrentadas no cotidiano acadêmico dos deficientes visuais. Com base na pesquisa foi visto que o principal problema encontrado pelos deficientes é o restrito acesso ao ensino e às fontes de informação, com isso, foi definido o escopo para criação de um dispositivo que ajudasse pessoas com deficiência visual no aprendizado do Braille sem a dependência total de um orientador, facilitando assim, o acesso à informação, aprendizado, cultura e profissionalização. Para isso foi utilizado uma plataforma de prototipagem livre, o Arduino. O dispositivo possui recurso multi-idiomas que recebe mensagens de texto ou comandos de voz, via Bluetooth® através da sincronização com um aparelho Android e converte esses textos em caracteres Braille, que são enviados para uma célula mecatrônica capaz de reproduzir os caracteres um a um, permitindo assim ao usuário o reconhecimento tátil de cada um dos símbolos gerados, e desta forma compreender a mensagem previamente enviada ao dispositivo por ele, ou por terceiros.

Palavras Chave: Braille - Arduino - Android - Comando por Voz - Cegueira

1. INTRODUÇÃO

A técnica de leitura e escrita Braille foi criada por um jovem francês que perdeu sua visão ainda aos três anos de idade. Essa técnica passou por varias modificações ao longo do tempo, tornando-se assim mais acessível a pessoas acometidas por deficiência visual, tornando-se uma linguagem universal adaptável ao idioma do usuário.

Dados da Pesquisa Nacional de Saúde 2013, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), indicam que no Brasil existem 7,3 milhões de pessoas com deficiência visual. Dessas, 1,2 milhão possui limitações severas e 95% não têm acesso a nenhum serviço de reabilitação (IBC, 2016).

Isso é um desafio, onde a linguagem Braille é uma das principais ferramentas para alfabetização de pessoas com deficiência visual, visto que ele proporciona a independência e possibilita a inserção e o desenvolvimento do deficiente visual no mercado de trabalho. Além de facilitar o conhecimento de novas habilidades, como por exemplo, a música, por meio do código musical Braille.

Os métodos de ensino da leitura Braille são eficientes, mas há a necessidade de modernizá-los por meio da integração com os dispositivos eletrônicos, cujo potencial de ensino estende-se além do aprendizado do Braille, trazendo aos usuários acessibilidade para outros ramos da informação, seja pelas áreas acadêmicas e profissionais, e também ao laser, tecnologias da saúde e entretenimento.

O objetivo deste projeto consiste em desenvolver e testar um dispositivo mecatrônico de baixo custo, capaz de receber textos (serão testados os idiomas português, inglês, francês e espanhol) enviados por mensagem de texto ou por comandos de voz, enviados por Bluetooth® através de um emparelhamento com um smartphone ou Tablet. Os caracteres dos textos recebidos são então transformados em caracteres Braille por um microcontrolador que envia o caractere correspondente para uma célula Braille mecânica que permite ao usuário o reconhecimento tátil do símbolo gerado, identificando textos “caractere por caractere”. Assim este protótipo permite ao deficiente visual usufruir de métodos mais sofisticados para seu aprendizado e prática da leitura sem depender da constante presença de um orientador, além de permitir ao usuário acessar informações não convertidas para o Braille tradicional (textos impressos em relevo).

1.1. OBJETIVOS GERAIS

Desenvolver um protótipo mecatrônico, de baixo custo, capaz de complementar o ensino da linguagem Braille, e possibilitar a leitura tátil (dados de saída) de textos cujos caracteres (dados de entrada) foram convertidos para este fim.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Desenvolver um protótipo de hardware capaz de receber entrada de dados do tipo “caractere” de texto e converter em sinais mecânicos do código Braille para leitura de usuários cegos;
- b) Usar um mecanismo digital, que receba entrada de textos por digitação ou comando de voz e o envie para o protótipo.
- c) Testar a eficácia do sistema proposto através de testes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica deste trabalho abordaremos os seguintes temas: As classes e as causas da deficiência visual, a grafia e a história do sistema Braille e a plataforma Arduino.

2.1. DEFICIÊNCIA VISUAL

Segundo Antônio João Menescal Conde (2012) é considerado cego ou de visão subnormal aquele que apresenta desde ausência total de visão até alguma percepção luminosa que possa determinar formas a curtíssima distância. A deficiência visual pode ser dividida em duas escalas oftalmológicas: Acuidade visual (o que se enxerga em uma determinada distancia) e o campo visual (A amplitude da área alcançada pela visão).

Fernando Matos (2012) define deficiência visual como a limitação das ações e funções do sistema visual. Ele ainda cita que o National Eye Institute define baixa visão como a deficiência visual não corrigível pelo padrão óculos, lentes de contato, medicação ou cirurgia que interfere com a capacidade de executar atividades da vida diária.

Cegueira total ou ‘Amaurose’, é a perda completa da visão. O deficiente não enxerga absolutamente nada, não possui nem a percepção da luminosidade. Estes casos são definidos como ‘visão zero’. Já a ‘cegueira parcial’ é definida como aquela em que o indivíduo consegue ‘contar dedos’ a pequenas distancias e que ainda conseguem enxergar vultos. Existem também, pessoas que tem apenas percepção e projeção luminosa, mas que ainda são classificados como ‘cegos parciais’ (CONDE, 2012).

2.2. SURDOCEGUEIRA

A surdocegueira é uma deficiência única caracterizada pelo prejuízo de dois sentidos, a visão e audição simultaneamente e em graus de perda diferentes. Não se trata de uma pessoa surda que não pode ver e nem de uma cega que não pode ouvir, isto é, a surdocegueira não consiste na somatória das duas deficiências, podendo não haver a perda total dos dois sentidos. Por ser desprovida de dois sentidos importantes a perda sensorial traz dificuldades para o desenvolvimento da compreensão do ambiente e muitas vezes a pessoa com surdocegueira fica isolada das informações do mundo que a cerca. O surdocego necessita da utilização dos sentidos remanescentes, ou seja, aqueles que estão intactos: o olfato, paladar, tato e aqueles que ainda possuem resíduo: visuais e ou auditivos. Sentidos estes, que lhe trarão informações sobre o ambiente no qual está inserido (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006 apud OLHOS DA ALMA, s.d).

Para o site da unidade de atendimento ao deficiente visual Olhos da Alma (s.d), a surdocegueira pode ocorrer na fase pré-linguística (quando a pessoa nasce com a surdocegueira ou a adquire logo quando bebê, antes da aquisição de uma língua) ou pós-linguística (quando a pessoa adquire a surdocegueira depois da aquisição de uma língua - português ou LIBRAS - ou que já apresentava uma deficiência sensorial seja ela visual ou auditiva e adquire a outra. Pode acontecer também de a pessoa adquirir a surdocegueira sem antes ter apresentado nenhuma deficiência).

2.2.1. A INCRÍVEL HISTORIA DE HELLEN KELLER E ANNE SULIVAN

De acordo com a educadora especializada em surdez Andresa Vaniele (2013) Helen Keller nasceu em 1880 e, antes de completar dois anos de idade, sem ter aprendido qualquer tipo de comunicação, estava cega e surda. A escarlatina a sentenciou a uma reclusão perpétua no escuro e no silêncio. Aos 6 anos de idade Helen era uma criança violenta aprisionada em seu mundo: não entendia sua situação nem sua própria existência. Seus pais decidiram então buscar ajuda e, após passarem por vários especialistas, foram encaminhados para uma escola especializada. O diretor da escola entregou o caso para uma de suas ex-alunas: Anne Sullivan, também cega, e de apenas 20 anos. Ali nascia uma historia de 49 anos entre as duas, onde na primeira visita, logo que se conheceram, Anne reparou que a menina carregava uma boneca. Segurou então a pequena mão de Helen e escreveu com o dedo na palma a palavra “b-o-n-e-c-a”. Sem saber que cada objeto tinha um nome, Helen não entendia nada e se frustrava a cada

nova tentativa. Suas reações foram ficando cada vez mais violentas, até que em uma explosão de raiva, destruiu sua boneca. Foi então que Anne teve a ideia de colocar a mão de Helen sob a água e escrever em sua palma “a-g-u-a”.

Esta história está registrada na autobiografia de Helen Keller - A História Da Minha Vida, livro que inspirou o filme O milagre de Anne Sullivan (The Miracle Worker - Playfilm Productions) e o filme indiano Black (Applause Entertainment), cuja primeira metade do filme se trata de uma adaptação do livro.

O filme Black também contribuiu como inspiração para a elaboração deste trabalho. A Figura 1 mostra a cena em que a personagem Michelle McNally (Rani Mukherjee), aos 7 anos, conhece a primeira palavra do seu vocabulário por meio da “Escrita na palma da Mão”.



Figura 1: Filme Black. Fonte: Applause Entertainment.

2.3. O DESAFIO DA INCLUSÃO

A especialista Maria da Graça da Laramara (2016, apud Portal Hospitais Brasil; 2016) indica que para fazer a inclusão escolar de maneira efetiva e garantir a aprendizagem de todos os alunos na escola regular é preciso fortalecer a formação dos educadores, criando uma rede sinérgica de apoio entre alunos, docentes, gestores escolares, famílias e instituições assistenciais de apoio às pessoas com deficiência visual. Também é essencial ter todos os equipamentos e ferramentas que contemplem o processo de alfabetização, assim como receber apoio educacional especializado. “A Educação é um direito de todos e deve ser orientada no sentido do pleno desenvolvimento dos alunos com cegueira ou baixa visão. O respeito aos direitos e à liberdade humana, é a questão-chave para a construção da cidadania, e deve ser incentivado”, explica (PORTAL HOSPITAIS BRASIL, 2016).

O GI - Guia-interprete - é o profissional que trabalha com o surdocego utilizando diversas formas de comunicação. Esse profissional deve apresentar algumas habilidades essenciais para que consiga transmitir todas as informações necessárias e de modo compreensível ao surdocego. O trabalho do guia-interprete inclui a interpretação, a descrição do ambiente e as funções de guia. O GI deve conhecer várias formas de comunicação como a fala ampliada e o Braille, também a “escrita na palma da mão”, a LIBRAS tátil, e a Todoma (a mão da pessoa surdocega se coloca nos lábios, bochecha, mandíbula e garganta do interlocutor para interpretar os movimentos e vibrações vocais) apresentadas respectivamente na Figura 2. Antes da interpretação o GI deve saber do surdocego qual a forma preferida para melhor assimilação da informação, e quais formas podem ser compartilhadas por ambos para numa eventualidade de mudança ser necessário o uso imediato. Deve conhecer técnicas básicas de guia vidente, para conduzir o surdocego a seu destino e livrá-lo de obstáculos perigosos, visando sempre a sua segurança (JINHUI, SANTOS, TATEISHI; 2010).



Figura 2: Escrita na Palma da Mão, LIBRAS tátil, Todoma. Fonte: Olhos da Alma (s.d).

2.3.1. DIFICULDADES NA ALFABETIZAÇÃO DE DEFICIENTES VISUAIS

Para o site Portal Hospitais Brasil (2016), segundo dados do INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira instituto do Ministério da Educação, existem mais de 70.866 mil alunos com deficiência visual matriculados em escolas de ensino regular nas classes comuns; e 6.104 mil crianças e jovens em escolas inclusivas ou salas especiais espalhadas pelo país. Mesmo com números expressivos, a falta de recursos e profissionais especializados ainda é uma realidade enfrentada por essa importante parcela da população brasileira. Ir à escola e não encontrar professores que conheçam o sistema de leitura e escrita em Braille, não ter acesso à máquina de escrever em Braille ou aos livros escolares adaptados, o que constitui uma dura realidade para crianças, jovens e adultos com deficiência visual. Por falta de recursos, muitas crianças e jovens nessas condições frequentam a sala de aula apenas como ouvintes.

Em janeiro deste ano, entrou em vigor a Lei Brasileira da Inclusão que assegura igualdade de direitos e oportunidades entre as pessoas com deficiência, inclusive no âmbito escolar e em todas as etapas de ensino. De acordo com Maria da Graça Corsi Monteiro (2016, apud Portal Hospitais Brasil, 2016), pedagoga especializada em educação especial da Laramara – Associação Brasileira de Assistência à Pessoa com Deficiência Visual, “muito já foi feito sobre inclusão escolar, mas ainda há um longo caminho a ser percorrido. O ideal é criar uma cultura de inclusão e derrubar barreiras que ainda existem para que os alunos com deficiência visual possam fazer parte efetivamente do sistema de ensino, possibilitando, assim, sua participação social” (PORTAL HOSPITAIS BRASIL, 2016).

Rachel Maria Campos Menezes de Moraes (2015) professora do ensino básico, técnico e tecnológico no IBC - Instituto Benjamin Constant, conta em entrevista ao Centro de Estudos e Pesquisa do IBC que há diferenças significativas no processo de ensino-aprendizagem do Sistema Braille, se considerar as peculiaridades dos tipos de aprendizes. Enquanto as pessoas com cegueira congênita (aquelas que nasceram cegas ou ficaram cegas na primeira infância, de acordo com alguns autores) aprendem o Braille como seu primeiro alfabeto e, normalmente, se previamente bem preparadas nos aspectos motor, sensorial, cognitivo, psicológico e socioafetivo, aprenderão o Sistema Braille sem muitas dificuldades.

Ainda para Maria Campos Menezes de Moraes (2015), a pessoa que adquiriu a cegueira na adolescência ou na idade adulta, o aprendizado de Braille se dá de forma diferente. As pessoas com cegueira adquirida, na maior parte das vezes, aprendem o Braille como seu segundo alfabeto, pois foram alfabetizadas no sistema comum (em tinta). Desta forma, apresentam, muitas vezes, dificuldades táteis, seja pela falta do desenvolvimento necessário deste sentido para o aprendizado do Braille, seja por doenças, como o diabetes (que quando descontrolado leva à cegueira), que provocam dificuldades táteis. Além da dificuldade mencionada, estas pessoas apresentam, muitas vezes, dificuldades no aspecto psicológico, em

consequência do trauma provocado pela perda da visão, apresentando, não raro, quadros de depressão e ansiedade, o que também dificulta o aprendizado do Braille.

2.4. HISTÓRIA DO BRAILLE

A Sociedade de Assistência aos Cegos (SAC) descreve que o alfabeto Braille foi inventado em 1837 e recebeu esse nome por causa de seu criador, o educador francês Louis Braille. Já Lemos e Cerqueira (s.d) reconhecem o ano de 1825 como o marco para a integração dos deficientes visuais na sociedade. Essa diferença se dá pela referência utilizada por cada um deles. Lemos e Cerqueira (s.d) consideram a data em que Louis Braille criou a primeira forma do alfabeto Braille e a SAC considera a data da edição em que se confirma o alfabeto e se normaliza a representação de números e pontuação.

José António Lages Salgado Baptista (2000) conta que em 1812, aos três anos, Louis Braille feriu um dos olhos enquanto brincava na oficina de seu pai. A infecção do ferimento foi tão grande que se transmitiu ao outro olho, levando o pequeno Louis à cegueira total algum tempo depois.

Em 1819, Louis foi com seu pai para Paris para estudar na Instituição Real para Jovens Cegos. No início, seus pais ficaram receosos de deixar o filho fora de casa, mas quando viram quão grandes eram as vantagens que ele teria em sua educação logo concordaram. Nessa escola Louis aprendeu a tocar piano e se tornou um grande pianista chegando também a receber um certificado de mérito por sua habilidade em cortar e fazer chinelos. Foi lá também que ele aprendeu a reconhecer as letras do alfabeto com a ajuda dos dedos no sistema primitivo de leitura para cegos, em que as letras tinham muitas polegadas de altura e de largura, fazendo com que um pequeno texto enchesse um livro muito pesado (SAC, s;d).

Certo dia sentado em um restaurante, um amigo lia o jornal para Louis quando leu um artigo sobre Charles Barbier de la Serre, Capitão de Artilharia do exército de Louis XIII, que devido à dificuldade de transmissão das ordens durante a noite havia criado um método de escrita para se ler no escuro. Esse sistema era baseado em traços e pontos em alto relevo, Barbier teve então a ideia de transformar esse método em um sistema de escrita para cegos e o chamou de Gráfica sonora. Quando Louis Braille ouviu isso procurou o capitão para aprender mais sobre esse sistema e, rapidamente passou a dominar a técnica.

A limitação do sistema de Barbier em, por exemplo, representar sinais de acentuação, símbolos matemáticos, entre outras dificuldades de representação, fez com que Braille começasse a estudar formas diferentes de fazer os pontos e traços no papel, fato que o levou aos 15 anos, chegar à criação da primeira forma do alfabeto Braille, onde havia 6 buracos dentro de um espaço, possibilitando a criação de 63 combinações que poderiam representar uma letra, uma palavra, um sinal de pontuação, etc., sistema bem semelhante ao usado nos dias atuais.

2.4.1. A GRAFIA BRAILLE

O sistema de escrita em relevo conhecido pelo nome de “Braille” é constituído por 63 sinais formados por pontos a partir do conjunto matricial apresentado na Figura 3.

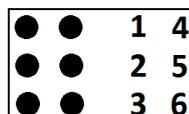


Figura 3: Conjunto matricial (123456). Fonte: IBC (s.d)

Este conjunto de 6 pontos chama-se, por isso, sinal fundamental. O espaço por ele ocupado, ou por qualquer outro sinal, denomina-se cela Braille ou célula Braille e, quando vazio, é também considerado por alguns especialistas como um sinal, passando assim o

Sistema a ser composto com 64 sinais. Para facilmente se identificarem e se estabelecer exatamente a sua posição relativa, os pontos são numerados de cima para baixo e da esquerda para a direita. Os três pontos que formam a coluna ou fila vertical esquerda, Conjunto matricial, têm os números 1, 2, 3; aos que compõem a coluna ou fila vertical direita, Conjunto matricial, cabem os números 4, 5, 6. (IBC, s.d)

Os 63 sinais simples do Sistema Braille, adiante apresentados numa sequência denominada ordem Braille, distribuem-se sistematicamente pelas 7 séries apresentadas na Figura 4:

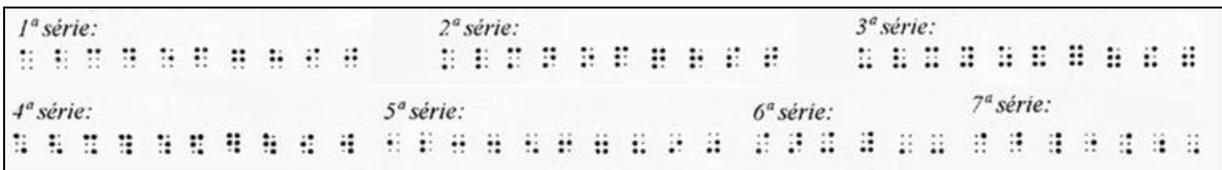


Figura 4: Ordem Braille Fonte: IBC (s.d)

Os caracteres da 1ª série, precedidos do sinal ilustrado na Figura 5, representam os algarismos de um a zero. Quando um número é formado por dois ou mais algarismos, só o primeiro é precedido deste sinal.

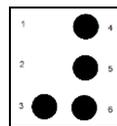


Figura 5: Sinal indicador de número no sistema Braille. Fonte: Dados da pesquisa.

Os números dos pontos dos sinais Braille escrevem-se consecutivamente, com o sinal de número apenas antes do primeiro ponto de cada cela. A Figura 6 apresenta os principais símbolos Braille.

⠠ 1	um	a	b	c	ç	d	e	f	g	h	i	j	l
⠠ 2	dois	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠
⠠ 3	três	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	x	z
⠠ 4	quatro	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠
⠠ 0	zero	Vogais											
⠠ 20	vinte	a	e	i	o	u							
⠠ 181	cento e oitenta e um	á	é	í	ó	ú							
⠠ 543	quinhentos e quarenta e três	à	-	-	-	-							
⠠ 809	oitocentos e nove	â	ê	-	ô	-							
		ã	-	-	-	õ	-						
		-	-	-	-	-	-	ü					

Figura 6: Sinais Braille. Fonte: IBC (s.d)

2.5. ARDUINO

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica open-source que se baseia em hardware e software flexíveis e fáceis de usar. É destinado a artistas, designers, hobbistas e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos.

O Arduino pode sentir o estado do ambiente que o cerca por meio da recepção de sinais de sensores e pode interagir com os seus arredores, controlando luzes, motores e outros atuadores. O microcontrolador na placa é programado com a linguagem de programação Arduino, baseada na linguagem Wiring, e o ambiente de desenvolvimento Arduino, baseado

no ambiente Processing. Os projetos desenvolvidos com o Arduino podem ser autônomos ou podem comunicar-se com um computador para a realização da tarefa, com uso de softwares específicos como Flash, Processing ou MaxMSP (ARDUINO, s.d).

Os projetos open sources são aqueles criados para o domínio público, ou seja, que podem ser modificados e aprimorados por outras pessoas conforme suas necessidades, de modo que outros usuários possam usufruir dessas mudanças em seus próprios projetos (FERREIRA, 2005). Isto propicia uma variedade de modelos de Arduino, que se diferenciam com relação a quantidade de memória SRAM, EEPROM ou Flash disponível, número de pinos de entradas e saídas (i/o) digitais e analógicos, frequência do processador, consumo energético ou funcionalidades exclusivas (como por exemplo modelos que contêm interfaces de rede ou interface para comunicação com sistemas de computação como dispositivos móveis).

O software do Arduino (IDE) é executado em um computador onde é feita a programação do software (sketch) a ser carregado na placa de prototipagem Arduino, através de uma comunicação serial. O sketch projetado controlará na placa o que será executado durante sua(s) rotina(s) de operação no hardware.

Para este trabalho, foi escolhido o Arduino modelo Nano V3, o qual porta, segundo o site ARDUINO (s.d) um microcontrolador ATmega328, fabricado pela ATMEL, 14 pinos de entradas e saídas digitais (dos quais 6 podem ser saídas PWM), 8 entradas analógicas, 1 UART (porta serial de hardware), 16KB memória Flash (dos quais 2KB são utilizados pelo bootloader), 2KB SRAM, 512 bytes EEPROM, um oscilador de cristal de 16 MHz, pinos de alimentação (5 V, 3,3 V e Terra) e porta USB para conexão com o computador. Este modelo contém a quantidade de pinos e memória suficientes para a implantação do dispositivo proposto.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho aplicou-se os seguintes métodos de obtenção e análise de dados:

3.1. PESQUISA TEÓRICA

Embasando-se em literaturas e registros científicos, fundamentou-se o planejamento, a construção e as análises do sistema proposto.

3.2. PESQUISA DE CAMPO

Visitou-se o Instituto São Rafael (Figura 7), escola da rede estadual de ensino, especializada em educação e reabilitação de deficientes visuais, na Educação Infantil, Ensino Fundamental, também no Ensino Médio, localizado na cidade de Belo Horizonte – MG.

Por meio de entrevista com seus representantes (os entrevistados são deficientes visuais, fluentes em leitura e escrita braille), investigou-se: as características do público atendido pela instituição; as tecnologias e os métodos utilizados na leitura, escrita e ensino do Braille; os principais problemas enfrentados nestes processos pelos deficientes visuais; o modo como o projeto da intervenção proposta atuará, e sua viabilidade e eficácia (o questionário e suas respostas obtidas encontram-se no item Apêndice deste trabalho).



Figura 7: Deficiente visual caminhando na calçada em frente à faixa do prédio do Instituto São Rafael em Belo Horizonte. Fonte: Secretaria de Estado de Cultura (2015)

3.3. PESQUISA EMPÍRICA

Designada para desenvolver e validar a intervenção proposta através de análise de testes e simulações quanto à sua eficácia do protótipo em complementar o ensino da linguagem Braille.

3.3.1. SISTEMA PARA ENTRADA DE DADOS

O hardware é composto pela célula Braille que recebe textos pelo módulo Wireless Bluetooth (transmissor RF Serial modelo HC-06 RS232), apresentado na Figura 8, e pelo gadget (smartphone, Tablet, etc.), que recebe o texto digitado ou converte comando de voz em texto com base nos caracteres da tabela ASCII, e transmite para a célula.



Figura 8: Módulo Bluetooth à esquerda, e à direita o Arduino Nano V3. Fonte: Dados da pesquisa

Usou-se o aplicativo Boarduino Total Control versão 1.2 (Figura 9) desenvolvido com a plataforma MIT App Inventor pela Andy182Devstudio, e disponibilizado gratuitamente na Google Play (loja virtual de aplicativos do Google). Este aplicativo é compatível com a versão 1.5 ou superior do sistema operacional Android e seu arquivo ocupa 7,5 MB da memória de armazenamento do aparelho. Dentre suas funções interativas com o Arduino através do Bluetooth, estão as funções de transmitir textos digitados - função Textduino - ou por comandos de voz convertidos em texto - função Voicetooth, para este o aplicativo requer conexão com a internet, pois recorre ao sistema de comandos de voz do Google (GoogleVoice) para efetuar a conversão (GOOGLE PLAY, 2015), uma vantagem desta aplicação é o acesso às bibliotecas de reconhecimento multi-idiomático de texto e voz do Google.



Figura 9: Telas do Aplicativo Boarduino Total Control. Fonte: Google Play (2015).

3.3.2. O PROTÓTIPO DE CÉLULA BRAILLE

O protótipo desenvolvido constitui-se por uma célula Braille, desenvolvida em proporção ampliada em relação ao caractere Braille. O Arduino controla a posição das hastes de seis servomotores.

O movimento de cada haste é limitado a um ângulo para nível lógico alto e um ângulo para nível lógico baixo, posiciona-se assim cada pino correspondente a um dos 6 pontos da célula Braille, permitindo ao usuário detectar caracteres de forma tátil através do relevo dos pinos posicionados pelo comando de nível lógico alto, ou pela ausência de relevo nos pinos posicionados em baixo nível lógico. A Figura 10 mostra a prototipagem dos componentes da estrutura mecânica em desenho computadorizado (CAD) tridimensional da célula.

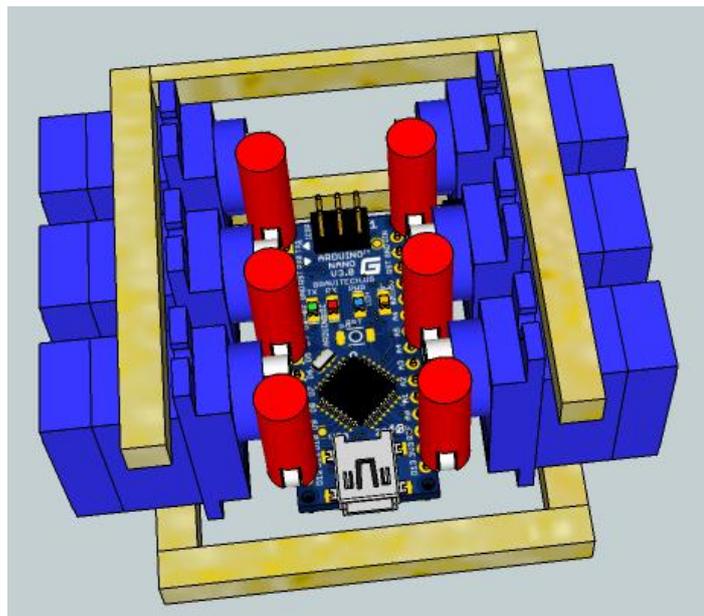


Figura 10: Detalhe interno da acomodação do arduino Nano na montagem do mecanismo. Feito no software Sketchup. Fonte: Dados da Pesquisa.

3.3.2.1. O FIRMWARE

O desenvolvimento do software embarcado (firmware) foi anterior à confecção da célula Braille. Para os testes iniciais, usou-se o simulador virtual de circuitos eletrônicos Proteus, que é capaz de simular o funcionamento de um Arduino modelo UNO, porém em vez de acionar servomotores, usou-se LEDs para representar cada pino da célula Braille, como pode ser observado na Figura 11.

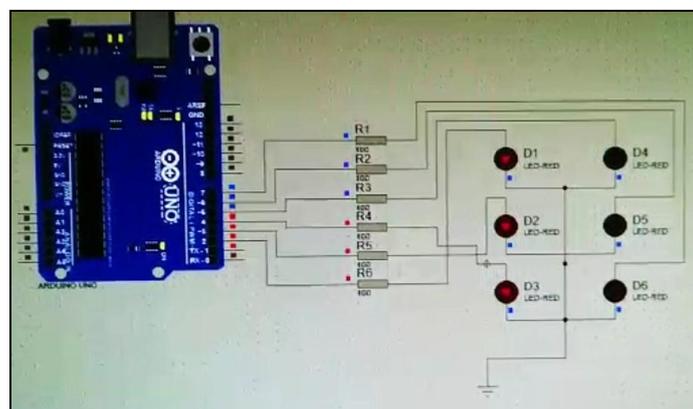


Figura 11: Desenvolvimento do firmware no simulador de circuitos eletrônicos. Feito no Proteus. Fonte: Dados da Pesquisa.

Em seguida adaptou-se o código para acionar servomotores em vez de LEDs. Após a elaboração do hardware e a incorporação do módulo Bluetooth ao projeto, transformou-se o firmware, tornando-o capaz de converter os textos recebidos via wireless e exibir mecanicamente na célula os sinais Braille correspondentes. A Figura 12 apresenta a estrutura interna da célula mecatrônica, e a Figura 13 mostra em detalhes os pinos táteis com a tampa do protótipo aberta.

Pode-se dizer que o custo total do protótipo está estimado em R\$ 258,00 (conjunto de Atuadores: R\$ 72,00; caixa de madeira: R\$ 5,00; Arduino Nano R\$ 32,00; módulo Bluetooth R\$ 34,00; módulo Regulador de Tensão R\$ 20,00; bateria 11.1 V e 2.2 A R\$ 95,00).

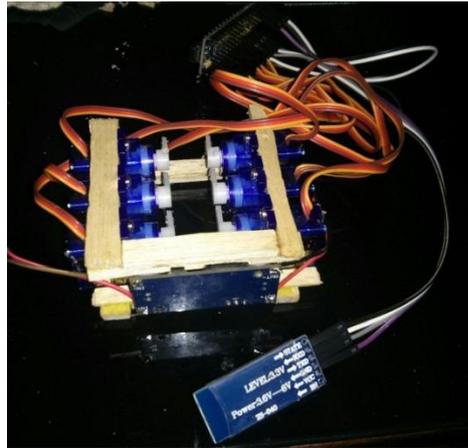


Figura 12: Prototipagem do hardware Fonte: Dados da Pesquisa.

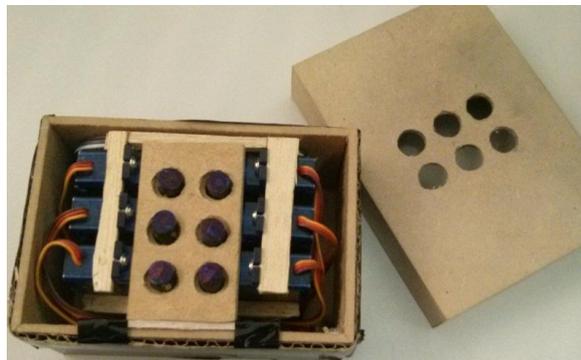


Figura 13: Protótipo de célula Braille. Fonte: Dados da Pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes permitiram se estudar e corrigir falhas eletromecânicas ocorridas entre os componentes nas fases de prototipagem, possibilitando também a realização dos ajustes no funcionamento do firmware para atender aos requisitos propostos, validando assim a eficácia do hardware.

4.1. TESTES NO DISPOSITIVO

Observou-se que a célula reproduz com fidelidade todos os 64 sinais Braille ao se executar as rotinas de teste elaboradas para este fim, como apresentado na Figura 14.

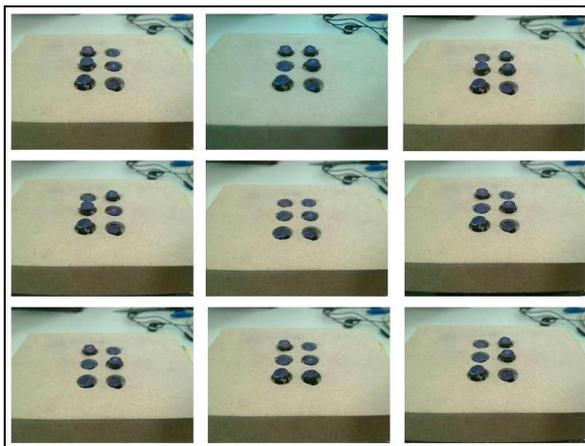


Figura 141: Testes na célula Baille. Fonte: Dados da pesquisa

Observou-se que a célula reproduz com fidelidade todos os 64 sinais Braille ao se executar as rotinas de teste elaboradas para este fim, como apresentado na Figura 15.

O teste final usando o aplicativo Boarduino Total Control para realizar a entrada de dados validou a funcionalidade esperada. Não se corrigiu neste trabalho os quesitos listados abaixo que foram observados nos testes - mas servirão de estudo para aperfeiçoamentos nas versões futuras do protótipo.

- A função Comando de Voz requer conexão com a internet.
- O protótipo requer um aplicativo exclusivo que interaja com o firmware (Figura 15) a fim de melhorar a experiência do usuário (por exemplo, para reproduzir textos grandes como livros).

```
sketch_Braille_PA | Arduino 1.6.1
Arquivo  Editar  Sketch  Ferramentas  Ajuda

sketch_Braille_PA
22 int braillePins[] = {
23   3, 5, 6, 9, 10, 11};
24 int refreshSpeed = 2000;
25
26 String inputData;
27 String caps = "000101";
28 String number = "001111";
29 String space = "000000";
30 String chars[] = {
31   "a", "100000",
32   "b", "110000",
33   "c", "100100",
34   "d", "100110",
35   "e", "100010",
36   "f", "110100",
37   "g", "110110",
38   "h", "110010",
39   "i", "010100",
40   "j", "010110",
```

Figura 15. Trecho do firmware: cada sinal Braille recebe um código binário de 6 bits. Feito na IDE do Arduino. Fonte: Dados da Pesquisa.

- Seu tamanho (110 x 80 x 55 mm) direciona sua funcionalidade para o aprendizado Braille. Para usuários que desejam usá-lo para leitura de textos, deve-se miniaturizar a célula.
- O firmware recebe no máximo 64 caracteres por vez, para exibir textos maiores, estes devem ser subdivididos em pacotes com este limite de caracteres.
- Conflito com acentuação: todos os caracteres com acentuação (á, é, ü, ã, ç...) são traduzidos com o sinal “ç”.

- Testou-se o comando de voz na língua portuguesa (voluntários com fluência nativa); e em inglês, francês e espanhol (voluntários brasileiros fluentes nestes idiomas). O protótipo atendeu como esperado, repetindo apenas o conflito com os caracteres acentuados.

4.2. VISITAS AO INSTITUTO SÃO RAFAEL E VALIDAÇÃO

Com base nas informações obtidas na visita inicial ao Instituto São Rafael, compreendeu-se melhor o universo do portador de deficiência visual, principalmente tratando-se de suas necessidades de acesso à cultura, educação e demais formas de informação. Dentre os pontos críticos observados quanto à alfabetização destacam-se a insuficiência de materiais pedagógicos adaptados em Braille e a carência de profissionais educadores com domínio do sistema de leitura e escrita em Braille, tendo como consequência a alunos que vão às escolas apenas como ouvintes por conta da escassez de máquina de escrever em Braille, e demais equipamentos didáticos necessários.

Dentre as causas citados pelos representantes para o problema é a falta de interesse da iniciativa pública, por meio de falta de repasse de verbas e processos burocráticos que dificultam o desenvolvimento de projetos de inclusão. Uma outra causa é o custo dos equipamentos necessários à educação especializada em deficientes visuais: uma máquina de escrever Braille Perkins Manual custa em média 7 mil reais. Modelos mais simples de impressoras capazes de converter texto digitalizado em caracteres Braille, custam aproximadamente 17 mil reais. O custo de uma “linha Braille” modelo compacto está em torno de 25 mil reais, o Instituto São Rafael possui apenas uma unidade deste equipamento que recebe textos por meio de um cartão de memória e os exibe em um painel com celas braille eletromecânicas, onde o usuário pode ler o texto, ou ainda editar o arquivo, por meio de um teclado braille embarcado. Muitos usuários são aposentados ou não têm fonte de renda, e o investimento em um destes equipamentos tem um grande impacto no orçamento familiar.

O ideal é que cada aluno tenha acesso ao equipamento Linha Braille, no mínimo durante as aulas, no entanto o único exemplar é usado apenas para revisão de textos. Esta revisão é necessária para filtrar erros de grafia gerados pelo sistema de impressão dos materiais escolares, cujos profissionais responsáveis, que não são especialistas em Braille, lidam com softwares editores de textos, específicos das impressoras, que são imprecisos. Segundo Marcílio Martins Moraes, revisor de textos Braille no Instituto São Rafael e representante da região sudeste brasileira como Membro da Comissão Brasileira do Braille, os principais problemas ocorrem nos materiais das disciplinas que envolvem simbologias que vão além do alfabeto, como a matemática, física e química.

Tamanho, peso e escassez de impressão adaptada dos livros e demais documentos gravados em Braille, são outro problema enfrentado por alunos e demais leitores deficientes visuais. Além de não atender a todas as solicitações de leitura dos usuários, o Instituto, e as bibliotecas especializadas sofrem problemas de alocação deste material, por ser muito volumoso. O livro o Tempo e o Vento escrito em tinta possui 3 volumes, o mesmo livro adaptado ao Braille tem mais de 70 volumes, O livro de volume único o Código da Vince, a tradução em Braille possui 13 volumes, o livro 1808, também em volume único a tinta, possui 20 volumes. A dificuldade de transporte destes livros é intensificada pelos demais problemas de mobilidade urbana.

Referente à vida profissional e cotidiana dos portadores de deficiência visual, destacaram-se problemas de mobilidade urbana, ausência de adaptações para interface em Braille por parte dos fabricantes de painéis de aparelhos (como gadgets, eletrodomésticos e máquinas), e escassez de centros de capacitação profissional, e falta de interesse das iniciativas públicas e privadas em melhorar a empregabilidade dos portadores de deficiência visual.

Com as informações geradas, modificou-se o projeto inicial do protótipo, integrando-o à tecnologia do comando por voz, ampliando-se os campos de sua usabilidade para além de uma ferramenta pedagógica, podendo assim atender a usuários com diferentes níveis de conhecimento no Braille.

O teste final deste trabalho consistiu em visitação de retorno ao Instituto, desta vez levando o protótipo preparado para ser avaliado e validado por alunos e profissionais especialistas em linguagem Braille.

O protótipo apresentou-se como uma ferramenta intuitiva e divertida aliada ao aprendizado Braille por possibilitar a estudo ao aluno fora do ambiente escolar. Professores de Braille (cegos) compreenderam perfeitamente cada palavra e frase enviadas por eles pelo comando de voz – inclusive detectaram o “erro ç”. Na Figura 16, Valéria Novaes, professora de linguagem Braille da “Sala Braille” (adultos já alfabetizados) reconhece letra a letra o seu nome completo através do protótipo ao lado da Máquina de Escrever em Braille (Perkins).



Figura 16: Professora testando a célula braille. Fonte: Dados da Pesquisa.

Os alunos que testaram o protótipo são adultos (idade entre 30 e 70 anos), mostraram interesse pelo protótipo, como pode ser visto na Figura 17, e puderam compreender parcialmente os textos devido aos atuais níveis de apuração tátil e conhecimento em Braille.



Figura 17: Maria de Paula, aluna da “Sala Braille”, experimentando pela primeira vez o protótipo, após entregar à sua professora a matriz de pinos Braille (na mesa, à esquerda do protótipo). Fonte: Dados da pesquisa.

Reafirmaram-se questões levantadas na primeira visita: o protótipo em seu estágio atual pode atender com boa aceitabilidade o público portador de surdocegueira e o público da

“sala Braille” (alunos que adquiriram cegueira após sua alfabetização), principalmente por crianças, pois são impedidos de estudar em casa por não terem à disposição os recursos pedagógicos exclusivos da escola. Como pontos negativos, o protótipo mostrou-se não ser confortável para leitura de textos longos (este problema está relacionado ao fato de esta versão possuir apenas uma célula Braille, mas a princípio pôde ser amenizado regulando-se a velocidade de transição entre caracteres). Suas grandes proporções geométricas exigem o uso simultâneo de seis dedos para detectar cada sinal, sendo que a leitura Braille convencional exige apenas dois dedos (os indicadores) que deslizam pelos relevos dos caracteres.

5. CONCLUSÕES

Todos os objetivos do trabalho foram alcançados: estruturando-se no estudo de uma pesquisa teórica sobre o uso do Braille no universo da cegueira, e na análise de visitas realizadas ao Instituto São Rafael, escola de educação especial da rede estadual em Belo Horizonte especializada no ensino da linguagem Braille, desenvolveu-se neste trabalho uma solução mecatrônica didática capaz de auxiliar no aprendizado e acesso à informação de portadores de cegueira através da leitura tátil em Braille combinada com a tecnologia do comando por voz. Uma aplicação compatível com o sistema operacional Android®, que recebe texto digitado ou resultante da conversão de comandos de voz gerados pelo usuário em seu computador, smartphone ou tablet, e em seguida os envia para o Arduino por via serial (USB® ou Bluetooth®), este interpreta os dados e controla os atuadores eletromecânicos da célula Braille, desse modo o usuário lê cada caractere Tateando o relevo dos pinos levantados, podendo compreender palavras e frases, usufruindo do dispositivo durante seu aprendizado Braille sob a supervisão (presencial ou por EAD - Ensino a Distância) de um professor de linguagem Braille. O dispositivo ainda permite, aos usuários que dominam a linguagem Braille, acessar textos sem a necessidade da impressão em relevo Braille. Assim, além de ampliar a acessibilidade dos portadores de cegueira à informação, o protótipo contribui para a redução do consumo de papel, ao dispensar as pesadas e espaçosas impressões em relevo Braille. Seu baixo custo é capaz de atender à demandas em nível institucional, ou nível individual, gerando impactos menores ao orçamento familiar das famílias dos usuários - sobretudo os alunos das redes públicas de ensino especial - comparando-se com as demais tecnologias para leitura e escrita em Braille.

6. REFERÊNCIAS

- ARDUINO.** Arduino: learning. s.l., s.l.. Disponível em: <<http://playground.arduino.cc/Portugues/HomePage>>. Acessado em 05 de novembro de 2015.
- ARDUINO.** Arduino Nano. s.l., s.l.. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>>. Acessado em 05 de novembro de 2015.
- BAPTISTA,** José António Lages Salgado. A invenção do Braille e a sua Importância na Vida dos Cegos. Lisboa: Secretariado Nacional para a Reabilitação e Integração das Pessoas com Deficiência/Comissão de Braille, 2000.
- BLACK.** Direção: Sanjay Leela Bhansali. Índia, 2005. 1 DVD. 122 min. Yash Raj Films.
- CONDE,** A J M. Deficiência Visual: A Cegueira e a Baixa Visão. s.l, 2012. Disponível em <<http://www.bengalalegal.com/cegueira-e-baixa-visao>>. Acesso em 08 de novembro de 2015.
- FERREIRA, A. J. L.** Open Source Software. Coimbra: Departamento de Engenharia Informática. Universidade de Coimbra, 2005.
- GOOGLE PLAY.** Boarduino Total Controler. s.l, 2015. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_Muhandi_prasetyo.Boarduino>. Acesso em 20 de outubro de 2015.
- IBC - INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT.** A Nova Grafia Braille: Observações e Normas de Aplicação. s.d; s.l.. Disponível em: <<http://www.abc.gov.br/?catid=110&blogid=1&itemid=479>>. Acesso em 23 de outubro de 2015.

IBC - INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT. Institutos Federais formam treinadores e instrutores de cães-guias. s.l. 2016. Disponível em: <<http://www.ibr.gov.br/?catid=84&itemid=0>>. Acesso em 19 de junho de 2016.

JINHUI, J; SANTOS, I; TATEISH, B. Inclusão em Educação: Caminhos, Políticas e Práticas - a inclusão de portadores de surdocegueira. s.l, Revista Pandora Brasil Nº 24 – Novembro de 2010. Disponível em: <http://revistapandorabrasil.com/revista_pandora/inclusao/inclusao_portadores.pdf>. Acesso em 10 de novembro de 2015.

LEMOS, E. R.; CERQUEIRA, J. B. O Sistema Braille no Brasil. s.l, s.d. Disponível em: <<http://www.ibr.gov.br/?itemid=99>>. Acesso em 10 de outubro de 2015.

MATOS, Fernando. Tipos de Deficiência Visual. s.l, 2012. Disponível em: <[http://www.news-medical.net/health/Types-of-visual-impairment-\(Portuguese\).aspx](http://www.news-medical.net/health/Types-of-visual-impairment-(Portuguese).aspx)>. Acesso em 08 de novembro de 2015.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DA CULTURA - MEC, BRASIL. Saberes e Práticas da Inclusão - dificuldades de comunicação e sinalização: Surdocegueira / múltipla deficiência sensorial. Brasília: 2006, Secretaria de Educação Especial – MEC/SEESP. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/surdosegueira.pdf>>. Acesso em 09 de novembro de 2015.

MORAES, Maria Campos Menezes de. A Importância do Sistema Braille para a Educação Inclusiva. Urca – RJ, 2015. Entrevista para o Boletim da Divisão de Pesquisa, Documentação e Informação do Centro de Estudos e Pesquisas do Instituto Benjamin Constant. Disponível em: <<http://www.ibr.gov.br/media/common/bce/2015/boletim-jan-fev.pdf>>. Acesso em 11 de novembro de 2015.

OLHOS DA ALMA. Surdocegueira. (s.l; s.d) Disponível em: <<http://www.olhosdaalma.com.br/saibamais.php?id=67>>. Acesso em 09 de novembro de 2015.

PROTAL HOSPITAIS BRASIL. Dia Nacional do Braille: alunos com deficiência visual enfrentam dificuldades de alfabetização. s.l. 2016. Disponível em: <<http://www.revistahospitaisbrasil.com.br/noticias/dia-nacional-do-braille-alunos-com-deficiencia-visual-enfrentam-dificuldades-de-alfabetizacao/>>. Acesso em 10 de junho de 2016.

SECRETARIA DE ESTADO DE CULTURA. SEC Alinha Parceria com o Instituto São Rafael, Entidade Pública de Educação para Pessoas com Deficiência Visual. Belo Horizonte: 2015. Disponível em: <<http://www.cultura.mg.gov.br/component/gmg/story/2446-sec-alinha-parceria-com-o-instituto-sao-rafael-entidade-publica-de-educacao-para-pessoas-com-deficiencia-visual>>. Acesso em 23 de outubro de 2015.

SAC - SOCIEDADE DE ASSISTÊNCIA À CEGUEIRA. A História de Louis Braille. s.l, s.d. Disponível em: <http://www.sac.org.br/APR_BR1.htm>. Acesso em 15 de outubro de 2015.

VANIELE, Andresa. Oficina de Libras: filme Black. s.l, 2013. Disponível em: <http://oficinadelibras.blogspot.com.br/2013/05/filme-black_26.html>. Acesso em 10 de novembro de 2015.