

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS CURITIBA
ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

FERNANDA GASPARINI SILVANO
LUCAS MATHEUS MARIN RIBEIRO

**LEIA BRAILLE: DISPOSITIVO TIPO LINHA BRAILLE DE BAIXO
CUSTO PARA LEITURA DE TEXTOS DIGITAIS POR PESSOAS COM
DEFICIÊNCIA VISUAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2017

FERNANDA GASPARINI SILVANO
LUCAS MATHEUS MARIN RIBEIRO

**LEIA BRAILLE: DISPOSITIVO TIPO LINHA BRAILLE DE BAIXO
CUSTO PARA LEITURA DE TEXTOS DIGITAIS POR PESSOAS COM
DEFICIÊNCIA VISUAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação do curso de Engenharia da Computação do Departamento Acadêmico de Eletrônica e Departamento Acadêmico de Informática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro da Computação.

Orientador: prof. Dr. Leonelo Dell Anhol Almeida

CURITIBA
2017

RESUMO

O Braille é um dos sistemas utilizados por pessoas com deficiência visual para leitura, porém, é dificilmente utilizado para leitura de textos digitais devido à falta de tecnologias assistivas acessíveis com esse propósito. Além disso, a alfabetização em Braille de pessoas com deficiência visual é importante para o desenvolvimento da pessoa em si e também sua independência. Desta maneira, visando proporcionar uma alternativa mais acessível e diferente das tecnologias assistivas padrões para as pessoas com deficiência visual, como os leitores de tela, o objetivo desse projeto consiste em desenvolver um display de caracteres Braille que seja capaz de apresentar no display textos adquiridos de um dispositivo Android ou Desktop e assim apresentar uma tecnologia assistiva de baixo custo alterantiva às que já existem no mercado.

Palavras-chave: Acessibilidade, Tecnologia Assistiva, Braille, Linha Braille, Pessoas com deficiência visual.

ABSTRACT

Braille is one of the systems used by people with visual impairment for reading, but the lack of assistive technologies for this purpose makes it not often used to read digital texts. In addition, Braille literacy for people with visual impairment is important for the development of the individual and for their independence. Aiming for a more accessible and different solution of the standard assistive technologies for the visually impaired, such as screen readers, the purpose of this project is to develop a Braille characters displayer that acquire texts from an Android device or Desktop and thus an assistive technology alternative to those that already exist in the market.

Keywords: Accessibility, Assistive Technology, Braille, Braille Line, Visually Impaired People.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	– Célula Braille	11
FIGURA 2	– Especificações do tamanho das células Braille	12
FIGURA 3	– Alfabeto Braille	13
FIGURA 4	– Exemplo de dispositivo Linha Braille	16
FIGURA 5	– Solenoide esticado com linhas de campo magnético	18
FIGURA 6	– Solenoide atraindo material ferroso	19
FIGURA 7	– Exemplo de solenoide	19
FIGURA 8	– Arduino Mega	20
FIGURA 9	– Diagrama de funcionamento	26
FIGURA 10	– Estrutura Frontal: posicionamento dos solenoides e conexão com hastes de madeira	28
FIGURA 11	– Estrutura completa do projeto	28
FIGURA 12	– Diagrama do algoritmo do código para o Arduino	30
FIGURA 13	– Interface do aplicativo desktop	31
FIGURA 14	– Interface do aplicativo Android	32
FIGURA 15	– Esquemático do circuito para controle do solenoide	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	CONTEXTO	6
1.2	OBJETIVOS	7
1.2.1	Objetivo Geral	7
1.2.2	Objetivos Específicos	7
1.3	JUSTIFICATIVA	7
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	8
2	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	DEFICIÊNCIA VISUAL	10
2.1.1	Sistema Braille	11
2.2	ACESSIBILIDADE	13
2.3	TECNOLOGIA ASSISTIVA (TA)	14
2.3.1	Linha Braille	15
2.3.1.1	Focus 40	16
2.3.1.2	Brailiant BI 40	16
2.3.1.3	Braille Edge 40	17
2.4	SOLENOIDE	17
2.5	ARDUINO	20
3	METODOLOGIA	21
3.1	REFERENCIAL METODOLÓGICO	21
3.2	MÉTODO	22
4	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	24
4.1	MATERIAIS UTILIZADOS	27
4.2	ESTRUTURA	27
4.3	ARDUINO	29
4.4	APLICATIVO DESKTOP	30
4.5	APLICATIVO ANDROID	32
4.6	SOLENOIDE	33
4.7	PRINCIPAIS DIFICULDADES	34
4.8	CUSTOS	34
5	EXPERIMENTO PILOTO	36
6	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	41
	Appendix A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	43

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

Um dos sistemas utilizado pelas pessoas com deficiência visual para leitura e escrita é o Braille, que é um processo de escrita e leitura baseado em 64 símbolos em relevo. Esses símbolos resultam da combinação de seis pontos dispostos em duas colunas de três pontos cada. Com eles é possível representar letras, algarismos e sinais de pontuação e sua leitura é realizada da esquerda para a direita (LIMA, 2006).

De acordo com Lima (2006), a aprendizagem se efetiva por meio da participação dos sentidos, sendo a visão responsável por 75% da percepção. Dessa forma, crianças com deficiência visual demandam procedimentos e recursos pedagógicos diferenciados, pois a falta de um sentido tão importante quanto a visão traz consequências para o desenvolvimento e aprendizado, necessitando de sistemas de ensino que transmitam por sentidos alternativos, as informações que não podem ser obtidas pelos olhos. Além disso, segundo Lima (2006), crianças com deficiência visual são apresentadas ao Braille de forma tardia e com pouco estímulo, dificultando ainda mais o processo de aprendizado.

Um fator atual que pode estar atrelado à pouca utilização do Braille está relacionado ao uso de tecnologias assistivas de leitores de tela, pois essas tecnologias por serem mais baratas que as demais e não demandarem habilidades e equipamentos específicos, estão mais difundidas e mais acessíveis às pessoas com deficiência visual. A impressão em papel em Braille possui um gasto maior de papel, por ser mais longa e também necessita de softwares e hardwares específicos para a impressão (TORRE, 2014). Sendo assim, a alfabetização em Braille se torna secundária, fazendo com que seu uso seja cada vez menos usual.

Por se tratar de um grupo minoritário (de acordo com o IBGE 3.5% da população brasileira possui deficiência visual), a quantidade de recursos tecnológicos para aprendizagem em Braille existentes para esse grupo é escassa e as que existem são caras. Os dispositivos disponíveis no mercado para leitura em Braille como HIMS Smart Beetle Bluetooth USB

UltraPortable Braille Display Keyboard e HumanWare Brailiant BI 32 ou 40 têm preços entre US\$1.400,00 (HIMS, 2017) a US\$3.000,00 (HUMANWARE, 2017a). No Brasil, o produto mais difundido no mercado é a Linha Braille Focus 40 e 80, desenvolvida pela empresa norte americana Freedom Scientific, com preço a partir de R\$7.500,00 (LORATEC, 2017) .

1.2 OBJETIVOS

A partir desse contexto foi possível levantar os objetivos desse projeto que serão descritos a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um protótipo de dispositivo do tipo linha Braille, de baixo custo que atenda aos requisitos de usabilidade e de distribuição livre, capaz de transcrever em um display, com um número fixo de caracteres de Braille, o conteúdo de um arquivo de texto.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar pesquisas e entrevistas com profissionais na área da educação de pessoas com deficiência visual e também com pessoas com essa deficiência para analisar os requisitos para a realização deste projeto;
- Construir protótipos de baixo custo e alta fidelidade do dispositivo Linha Braille baseados nos resultados da análise de requisitos;
- Desenvolver um software que seja capaz de fazer a integração do protótipo de Linha Braille com um dispositivo móvel e/ou desktop;
- Propor e realizar um método de avaliação para analisar a interação com o dispositivo Linha Braille proposto, sob a perspectiva da usabilidade e da acessibilidade.

1.3 JUSTIFICATIVA

A necessidade do desenvolvimento desse projeto está intimamente relacionada com os fatores econômicos envolvidos na problemática das pessoas com deficiência visual e com a baixa disponibilidade de recursos alternativos disponíveis à essa parte da população.

A deficiência é tanto causa como efeito da pobreza (TAFIDA et al., 2015). Dentre as causas mais comuns da deficiência visual listam-se doenças relacionadas à falta de acesso a recursos de saúde durante a gestação ou durante o tratamento de outras doenças, além de condições de trabalho desfavoráveis. Todas essas causas podem ser associadas com a pobreza e estima-se que 82% das pessoas com deficiência do mundo vivem abaixo da linha da pobreza (RICHARDSON, 2009). Esse fato é especialmente um problema quando é analisado o custo de vida de uma pessoa com algum tipo de deficiência, incluindo-se, mas não exclusivamente a deficiência visual. Em um estudo realizado em países europeus estimou-se que, excluindo-se os custos médicos associados, as despesas de um indivíduo com deficiência visual podem chegar a um total anual de 13.674 euros (LAFUMA et al., 2006), um número muito fora da realidade da maioria das pessoas que possuem essa deficiência.

Dias e Vieira (2017, p. 187) afirmam que “embora os leitores de tela das tecnologias da informática e os leitores e transcritores humanos contribuam com o processo de inclusão social e educacional das pessoas com deficiência em geral, elas devem ser somadas, acrescentadas ao sistema braille como relevantes alternativas de acesso ao conhecimento”. Os leitores de telas são o tipo de tecnologia mais acessível, por ser mais barata e prática no acesso à acervos virtuais, porém, existem implicações da leitura em Braille que não podem ser ignoradas. Segundo (DIAS; VIEIRA, 2017), as pessoas que possuem o conhecimento do Braille apresentam melhor conhecimento da gramática e da ortografia e o desenvolvimento da coordenação motora fina. Além disso, “Ler com a mão como faz uma criança cega e ler com a vista são processos psicológicos diferentes, ainda que cumprem a mesma função cultural na conduta da criança e tenham, basicamente, um mecanismo fisiológico similar” (VYGOTSKY, 1983, p. 27-28). Isso significa dizer que é tão importante para uma criança com deficiência visual aprender e ter acesso à textos em Braille quanto é para uma criança vidente o acesso a livros e textos escritos.

Os custos elevados são encontrados também no âmbito da educação das pessoas com deficiência visual. Então, a justificativa para elaboração desse projeto se dá pela redução dos custos de um dispositivo que auxilie no processo de leitura em braile e também na disponibilização de um recurso alternativo de código e hardware livres que auxilie tanto na alfabetização quanto na vida cotidiana dos pessoas portadoras de deficiência visual.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em seis capítulos que desenvolvem, de forma gradativa, o tema a ser abordado.

- Introdução: capítulo introdutório contendo o contexto, objetivos e a justificativa;
- Revisão de Literatura: revisão dos temas que serão abordados no decorrer do projeto;
- Metodologia: Método proposto para realização do projeto e também para avaliação de resultados;
- Desenvolvimento do Projeto: descreve o processo de desenvolvimento do projeto (requisitos funcionais e não funcionais, materiais utilizados, estrutura, microcontrolador, solenoide, aplicativo Android, principais dificuldades e custos);
- Experimento Piloto: Explicação sobre o experimento piloto e resultados obtidos;
- Conclusão da Pesquisa: envolve as principais contribuições, limitações e trabalhos futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta os referencias teóricos que auxiliaram no processo de desenvolvimento desse projeto e também pesquisas correlatas ao escopo da temática.

2.1 DEFICIÊNCIA VISUAL

De acordo com a Classificação Internacional de Doenças CID-10, existem quatro níveis de função visual: visão normal, deficiência visual moderada, deficiência visual grave e cegueira. A deficiência visual moderada e a deficiência visual grave, juntas, formam a baixa visão. A baixa visão em conjunto com a cegueira, representam a deficiência visual. (TALEB et al., 2012)

A cegueira, ao contrário do que se pode pensar, não significa, necessariamente, a total incapacidade para ver. A cegueira está relacionada com uma alta dificuldade em ver, fazendo com que a pessoa se torne incapaz de realizar tarefas rotineiras. A baixa visão é definida como uma condição não corrigida pelo uso de óculos, interferindo em atividades diárias, bem como na leitura e locomoção (TALEB et al., 2012).

É importante ressaltar que pessoas com doença como miopia, astigmatismo ou hipermetropia, que podem ser corrigidas com o uso de lentes ou em cirurgias, não são considerados deficientes visuais.

De acordo com as estimativas da Organização Mundial de Saúde (OMS) existem 285 milhões de pessoas com deficiência visual, dos quais 39 milhões são cegos. A maior parte dessas pessoas vivem em países em desenvolvimento e 82% possuem mais de 50 anos. As três principais causas de deficiência visual no mundo são: catarata (39%), erros de refração não corrigidos (18%) e glaucoma (10%) (TALEB et al., 2012). No Brasil, de acordo com o IBGE, 3,5% da população possui deficiência visual.

No âmbito da educação especial para pessoas com deficiência visual, as pessoas com baixa visão necessitam de auxílios ópticos (como óculos, lentes corretivas e lupas) ou não

ópticos (como textos com caracteres ampliados, softwares ampliadores e leitores de tela). Já as pessoas cegas necessitam de softwares de leitores de tela ou fazem a utilização do sistema de escrita e leitura em relevo chamado Sistema Braille (AMPUDIA, 2011).

2.1.1 Sistema Braille

De acordo com a American Foundation for the Blind (AFB), o Sistema Braille é um sistema de escrita e leitura tátil utilizado por pessoas com deficiência visual mais severas. Surgiu na França, em 1825, criado por Louis Braille que ficou cego aos três anos de idade. Embora seu criador tenha sido Braille, a ideia veio a partir de um código militar tátil, desenvolvido por Charles Barbier, chamado de Escrita Noturna. Braille identificou os pontos fracos existentes no código militar e então desenvolveu o sistema que levou seu nome, utilizado mundialmente até hoje (AFB, 2017).

O sistema Braille é um sistema de pontos levantados que são lidos utilizando-se os dedos. É importante ressaltar que o Braille não é uma linguagem e sim um código utilizado por várias linguagens (como Português, Inglês ...). Os símbolos Braille são formados por células Braille. Essas células possuem 6 pontos, divididos em 2 colunas, com três pontos em cada coluna, permitindo 63 combinações (há quem considere 64, se considerado a célula vazia). Cada célula pode representar uma letra do alfabeto, um número, um sinal de pontuação ou até mesmo uma palavra (AFB, 2017).

A Figura 1 representa uma célula Braille.

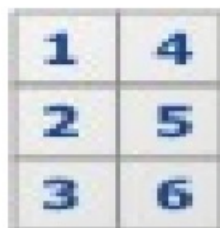


Figura 1: Célula Braille

Tratando-se de um sistema utilizado internacionalmente, existem padrões que devem ser seguidos para a construção de uma célula Braille. A distância entre os pontos de uma mesma célula ou a distância entre cada célula possuem valores padronizados que podem ser observados na Figura 2.

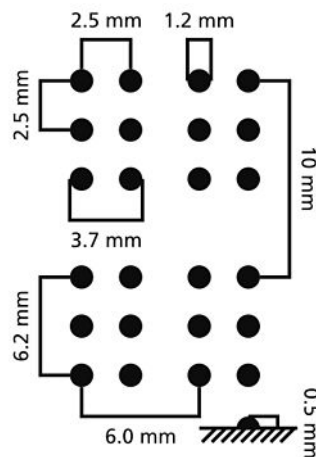


Figura 2: Especificações do tamanho das células Braille

Fonte: American Foundation for the Blind, 2017

Louis Braille definiu cada letra do alfabeto, número e sinais de pontuações nas 63 disposições possíveis. A disposição dos pontos para a formação dos caracteres também segue um padrão. Utilizando apenas os 4 pontos mais superiores da célula, ele definiu as 10 primeiras letras do alfabeto (a – j) e também os 10 numerais (0 – 9). As próximas 10 letras do alfabeto (k – t) repetem a disposição das 10 letras iniciais (a – j), porém utilizando o ponto 5. As outras letras do alfabeto (u – z) exceto a letra W, seguem o mesmo padrão, mas com os pontos 5 e 6. As combinações restantes são utilizadas para representar os sinais de pontuação, definição de letra maiúscula, aspas, etc... A figura 3 mostra a configuração Braille utilizada para representar todos esses símbolos.

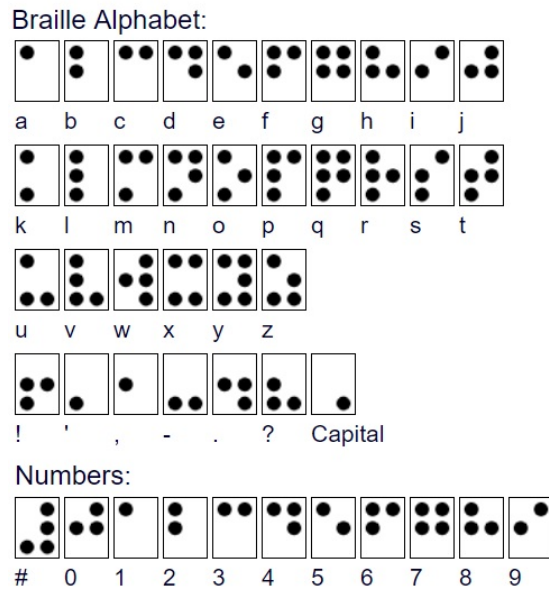


Figura 3: Alfabeto Braille

Fonte: American Foundation for the Blind, 2017

O Sistema Braille ainda pode ser subdividido em duas categorias: comprimido e não comprimido. O sistema Braille não comprimido (por extenso, escopo desse projeto) utiliza cada letra de cada palavra para sua transcrição em Braille. Por exemplo, para escrever a palavra ABAIXO, são necessárias seis células Braille. Em contrapartida, no sistema comprimido (abreviado), para escrever a palavra ABAIXO, seriam necessárias apenas 3 células Braille - ABX (AFB, 2017).

2.2 ACESSIBILIDADE

Acessibilidade é um termo bastante amplo que pode ser definido como pela lei Nº 13.146, de 6 de julho de 2015.

“Acessibilidade: possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como de outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privados de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida;” (BRASIL, 2015)

O tema de acessibilidade é essencial para a discussão da inclusão social. A inclusão social, por Sasaki, é definida como “um processo bilateral no qual as pessoas, ainda excluídas,

e a sociedade buscam, em parceria, equacionar problemas, decidir sobre soluções e efetivar a equiparação de oportunidades para todos” (SASSAKI 2010, p 39). Analisando essa definição pode-se perceber o impacto que a inclusão pode ter numa sociedade como um todo, e se torna evidente a importância da mesma.

Para garantir a inclusão social, e com isso, diminuir o preconceito para com as pessoas com deficiências, é necessário que a acessibilidade seja garantida em diversos contextos. Por exemplo, a inclusão social na educação é uma problemática que envolve todo tipo de dificuldade, incluindo a mobilidade e o ajuste do currículo (RIBEIRO, 2008). Porém, ainda neste contexto, pode-se destacar o acesso às informações disponíveis sejam elas disponíveis em papel ou em acervos digitais. Esse conteúdo muitas vezes está disponível apenas em formatos que não são compatíveis com os necessários para o atendimento do público com deficiência visual, por exemplo.

A acessibilidade é, portanto, apenas o primeiro passo para assegurar o uso satisfatório de sistemas interativos por pessoas com deficiências (GUIMARAES; TAVARES, 2014). Para que os sistemas sejam acessíveis é necessário o desenvolvimento de tecnologias que façam esse papel integrador. Essas tecnologias podem ser tanto dispositivos físicos, softwares ou mesmo um conjunto de práticas que levam à possibilidade de inclusão de públicos diversos para tecnologias já existentes, e são conhecidas como Tecnologias Assistivas.

2.3 TECNOLOGIA ASSISTIVA (TA)

Em novembro de 2006, a Secretaria Especial dos Direitos Humanos – SEDH/PR, pela portaria nº 142, instituiu o Comitê de Ajudas Técnicas – CAT, que reúne um grupo de especialistas brasileiros e representantes de órgãos governamentais com o objetivo de apresentar propostas de políticas governamentais e parcerias entre a sociedade civil e órgãos públicos referentes à área de TA; estruturar as diretrizes da área de conhecimento; realizar levantamento dos recursos humanos que atualmente trabalham com o tema; detectar os centros regionais de referência, objetivando a formação de rede nacional integrada; estimular nas esferas federal, estadual, municipal, a criação de centros de referência; propor a criação de cursos na área de TA, bem como o desenvolvimento de outras ações com o objetivo de formar recursos humanos qualificados e propor a elaboração de estudos e pesquisas, relacionados com o tema da TA (BRASIL – SDHPR, 2012).

Apesar dessa discussão chegar ao Brasil apenas em 2006, o termo *Assistive Technology* foi criado em 1988 nos Estados Unidos e renovado em 1998. O CAT fez uma pesquisa sobre o

tema em diversos países, como Estados Unidos e países da União Europeia, para poder então definir um conceito que estivesse alinhado com as políticas públicas brasileiras. Sendo assim, em dezembro de 2007 o comitê aprovou o seguinte conceito:

"Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social". (BRASIL - SDHPR. – Comitê de Ajudas Técnicas – ATA VII)

O conceito aprovado demonstra a abrangência do tema, que não fica limitado apenas a produtos, mas também a estratégias e serviços que auxiliam na independência de pessoas que possuem qualquer tipo de incapacidade. Isto é, um pedaço de madeira (recurso) utilizado como uma bengala é uma TA, assim como fisioterapia (serviço) também é.

A TA possui 12 categorias. Entre elas, podemos destacar a categoria de recursos de acessibilidade ao computador, relacionada ao escopo desse projeto. Dentro desta categoria se encontram quaisquer conjuntos de hardware e/ou software desenvolvidos para tornar o computador acessível às pessoas com algum tipo de deficiência, seja sensorial, intelectual ou motora (SARTORETTO; BERSCH, 2017).

Existem TAs que são desenvolvidas especificamente para pessoas com deficiência visual. Um exemplo é o Braille. A Linha Braille é outra TA para pessoas com deficiência visual, além disso, ela se enquadra na categoria de recursos de acessibilidade ao computador, ou seja, é uma TA que auxilia pessoas que antes não conseguiriam ou teriam grandes dificuldades para interagir com o computador, a alcançarem esse objetivo.

2.3.1 Linha Braille

A Linha Braille é um tipo de dispositivo de entrada e saída, que exhibe dinamicamente em Braille a informação da tela de um desktop ou dispositivo móvel. Além disso, a Linha Braille possui diversos botões que permitem ao usuário a entrada de dados ao sistema, possibilitando assim sua interação com o computador. As Linhas Braille atuais possuem dimensões que vão desde uma única célula, até linhas com 80 células. Sua utilização, entretanto, é restrita devido ao valor desse equipamento (SANT'ANNA, 2008). A Figura 4 apresenta a imagem de um dispositivo Linha Braille.



Figura 4: Exemplo de dispositivo Linha Braille

A seguir serão apresentados os dispositivos tipo Linha Braille mais comuns no mercado.

2.3.1.1 Focus 40

A Focus 40 é um dispositivo Linha Braille fabricado pela Freedom Scientific. Possui 40 células Braille, 8 pontos¹ cada célula e conectividade Bluetooth, além da conexão USB. Pode ser utilizada em dispositivos com sistema operacional Windows, IOS, Android e Symbian. Além disso, a Focus 40 possui botões de deslocamento e um layout de controle ergonômico. Seu valor no mercado nacional gira em torno de R\$ 16.000,00 (LORATEC, 2017).

2.3.1.2 Brailliant BI 40

A Brailliant BI é um dispositivo Linha Braille fabricado pela HumanWare que contém um display de navegação intuitivo e tamanho projetado para posicionamento em frente ao Laptop ou teclado do computador. Possui conectividade Bluetooth e também conexão USB.

¹Existe também o sistema Braille com 8 pontos que faz com que não seja necessária a utilização de caracteres especiais para diferenciar o próximo caracter, como por exemplo no caso de letras maiúsculas.

É compatível com sistemas Windows, Jaws, IOS e System Access (Serotek). É vendida no mercado internacional pelo valor de U\$ 3.000,00, aproximadamente R\$ 10.000,00 de acordo com a cotação atual (outubro de 2017) (HUMANWARE, 2017b).

2.3.1.3 Braille Edge 40

A Edge 40 é fabricada pela HIMS e, assim como os outros dispositivos anteriormente mencionados, possui conexão USB e Bluetooth e 40 células Braille. Tem conectividade com Windows, IOS, Jaws e Android. Possui um slot para cartão de memória, possibilitando o uso do dispositivo sem a necessidade de computador ou celular. Pode ser usado para criar e salvar notas, ler livros e documentos. Além disso, possui um temporizador interno que possibilita programar alarmes para lembrar de futuros compromissos. É vendida no mercado internacional pelo valor de U\$ 2.500, aproximadamente R\$ 7.800,00 de acordo com a cotação do dólar atual (outubro de 2017) (HISM, 2017).

A Tabela 1 mostra uma análise comparativa dos principais dispositivos Linha Braille presentes no mercado:

	FOCUS 40	Brailliant BI 40	Braille Edge 40
Valor [R\$]	16.000,00	10.000,00	7.800,00
Tamanho [cm]	1,9 x 33,7 x 8,2	1,8 x 31 x 8,7	2,2 x 31 x 10,1
Peso [g]	650	650	785
Compatibilidade	Windows, Apple, Android e Symbian	Windows, Jaws, IOS, NVDA, System Access	JAWS, Window-Eyes, SuperNova, System Access, NVDA, Voice-Over for Mac and iOS, BrailleBack for Android, Mobile Speak, TALKS
Conectividade	Bluetooth e USB	Bluetooth e USB	Bluetooth e USB
Células Braille	40	40	40
Cartão de Memória	Não	Não	Sim

Table 1: Tabela comparativa dispositivos Linha Braille

2.4 SOLENOIDE

Solenóide é uma bobina helicoidal formada por espiras circulares muito próximas (HALLIDAY et al., 2012), ou seja, é um fio condutor enrolado, formando uma bobina em

espiral. Quando uma corrente passa por um fio condutor, é gerado um campo magnético ao redor desse fio. No caso do solenoide, quando uma corrente passa pelo solenoide, são gerados vários campos magnéticos, fazendo com que o campo magnético resultante do solenoide seja a soma vetorial de todos os campos produzidos pelas espiras (HALLIDAY et al., 2012).

Tratando-se de um solenoide ideal, o campo magnético no interior do solenoide é praticamente uniforme e paralelo ao eixo central. Já o campo magnético fora do solenoide é nulo, pois o campo criado pela parte superior da espira tende a cancelar o campo criado pela parte inferior da espira (HALLIDAY et al., 2012). A Figura 5 mostra um trecho de solenoide esticado com os campos magnéticos representados.

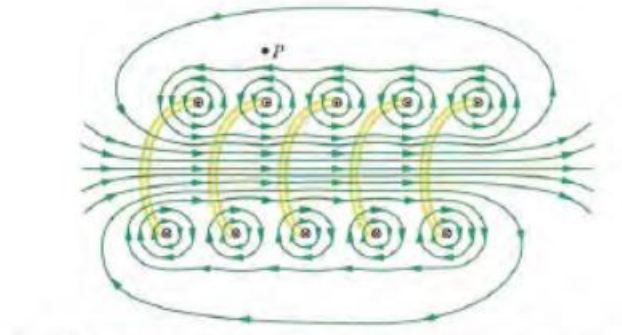


Figura 5: Solenoide esticado com linhas de campo magnético

Fonte: HALLIDAY et al., 2012

Sendo assim, a intensidade do campo magnético gerado por uma corrente em um solenoide depende de dois principais fatores: do número de espiras e da intensidade da corrente. Quanto maior o número de espiras ou maior a intensidade da corrente, maior será a intensidade do campo gerado no interior do solenoide (HALLIDAY et al., 2012). Quando se coloca um material ferroso que concentre as linhas do campo magnético, uma força aparece, puxando o material para o interior do solenoide, como mostra a figura 6.

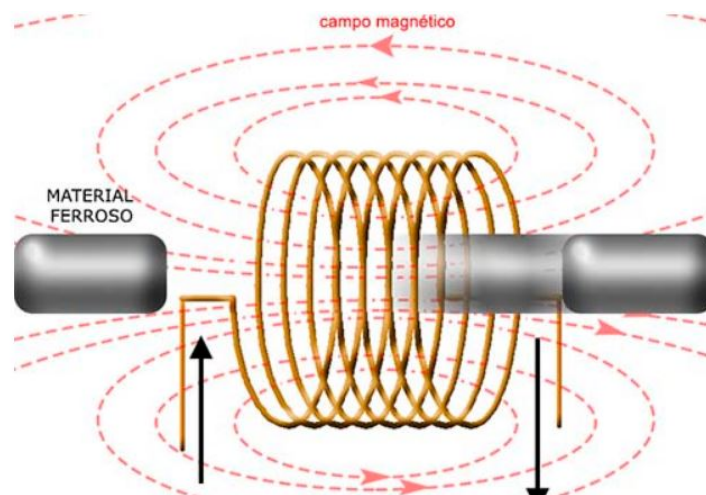


Figura 6: Solenoide atraindo material ferroso

Fonte: HALLIDAY et al., 2012

A partir disso, é possível a construção dos solenoides utilizados como atuadores nesse projeto. Coloca-se um material ferroso na entrada do solenoide, juntamente com uma mola (responsável por manter o material ferroso fora do núcleo da bobina quando a bobina está desligada). Ao passar corrente pela bobina, esse material é então atraído para o núcleo da bobina (BRAGA, 2015). Assim, produzindo o movimento de “sobe e desce” necessário para a criação das células Braille. A figura 7 mostra um solenoide.

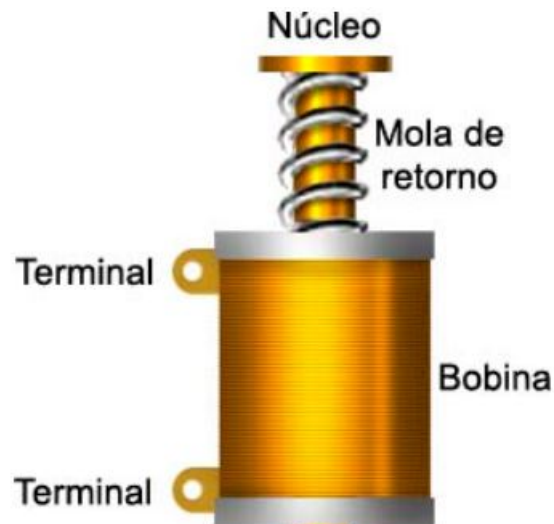


Figura 7: Exemplo de solenoide

Fonte: BRAGA, 2015

2.5 ARDUINO

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código livre utilizada para construção de projetos eletrônicos (ARDUINO, 2017). Foi criado em 2005, na Itália, por um grupo de cinco pesquisadores: Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martimo e David Mellis. A ideia original era elaborar um dispositivo barato, funcional e fácil de programar, voltado para estudantes e projetistas amadores. Como é um hardware livre, qualquer pessoa pode montar e personalizar o Arduino, já que o projeto inicial é aberto e disponível para todos (THOMSEN, 2014).

A placa é composta por um microcontrolador Atmel, pinos de entrada e saída e seu código é desenvolvido em linguagem C/C++. Como o projeto se tornou muito popular, o Arduino se desenvolveu muito e hoje é utilizado até para a construção de projetos profissionais. Com sua evolução surgiram vários modelos de Arduinos (como o Arduino Uno, Due e o Mega). O Arduino Mega, utilizado para o desenvolvimento desse projeto, possui um microcontrolador ATmega2560 com velocidade de Clock de 16MHz, 54 portas I/O digitais e 16 portas analógicas (ARDUINO, 2017). A figura 8 apresenta um Arduino Mega.

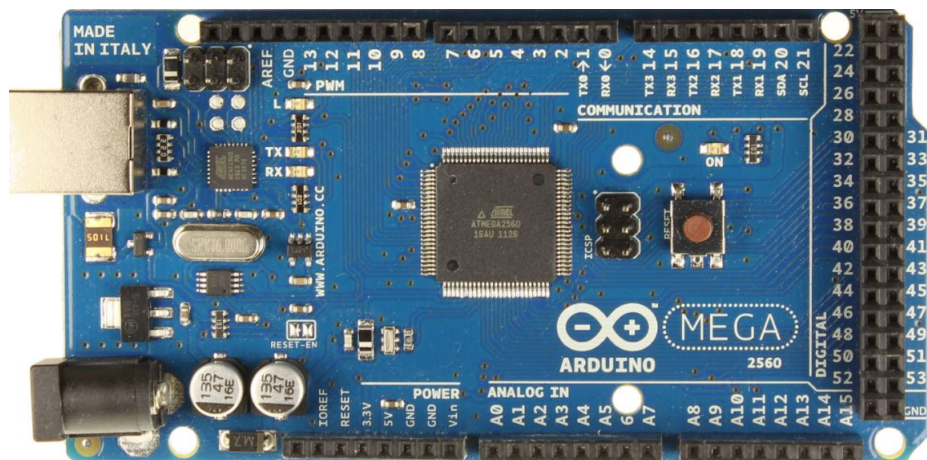


Figura 8: Arduino Mega

3 METODOLOGIA

3.1 REFERENCIAL METODOLÓGICO

Para a realização desse projeto, foram utilizados três referenciais metodológicos durante sua execução. Um para a aquisição dos dados para a definição do escopo do projeto, outro para o desenvolvimento do projeto e o último para a avaliação da interação, sob a perspectiva da usabilidade.

A aquisição dos dados para definição do escopo do projeto ocorreu por meio de entrevistas com profissionais da área de educação das pessoas com deficiência visual e também com pessoas com essa deficiência, para melhor compreender o meio e suas dificuldades. Além disso, foram realizadas pesquisas sobre o tema que possibilitaram entender melhor o cenário atual da educação de pessoas com deficiência visual e como o Braille está inserido nesse contexto. Com isso, fez-se possível a definição dos requisitos do projeto focando na máxima usabilidade do mesmo.

Para o desenvolvimento do projeto foi adotada uma metodologia de desenvolvimento iterativo e incremental chamada XP (Extreme Programming). Essa metodologia é utilizada principalmente para o desenvolvimento de softwares, mas pode também ser aplicada para o desenvolvimento do produto. O XP foi criado em 1996, por Kent Beck, no Departamento de Computação da montadora de carros Daimler Chrysler (SOUZA, 2007). O XP é um conjunto de regras que possibilita que os desenvolvedores respondam com êxito a mudanças durante o processo de desenvolvimento do projeto, baseando-se em quatro valores: comunicação, simplicidade, feedback e coragem (BECK, 1999).

A prática da comunicação garante um melhor relacionamento entre os integrantes do time e entre o time e o cliente, priorizando conversas pessoais, evitando outros meios de comunicação, como telefone ou e-mail. A simplicidade foca na implementação do que realmente é necessário, tendo em mente que é melhor aprimorar certa funcionalidade mais tarde do que possuir uma funcionalidade não utilizada. O feedback, para garantir que os

requisitos estão sempre alinhados, possibilitando as modificações quando necessárias; e a coragem, necessária para quebrar paradigmas antigos e implementar os três valores anteriores.

O XP é baseado em 12 princípios (BECK, 1999). Os mais evidenciados durante a realização desse projeto foram o princípio de entregas frequentes, que garante o desenvolvimento do projeto de forma incremental, com implementação apenas dos requisitos necessários e o princípio de teste, que garante a validação durante todo o processo de desenvolvimento. Sendo assim, o desenvolvimento de um projeto baseado na metodologia XP baseia-se em um processo de desenvolvimento em que exista frequente interação entre os envolvidos e pequenas entregas, entregas estas que atendam apenas aos requisitos necessários e que possam garantir um rápido feedback, passando sempre por um processo de validação.

A avaliação da interação foi feita a partir de testes de usabilidade e acessibilidade em ambientes controlados envolvendo usuários. Essa abordagem para a avaliação de interface de usuários envolveu a coleta de dados por meio de questionários e entrevistas, sobre a experiência do usuário com o dispositivo a partir de experimentos sintéticos com o mesmo (PREECE, 2013). Isso significa que não está no escopo deste projeto medir a usabilidade ou a acessibilidade em ambientes reais de trabalho ou estudo do usuário, mas sim coletar dados gerados através de uma série de amostras de uso similares a estes ambientes reais.

3.2 MÉTODO

Para o desenvolvimento deste projeto foram realizadas cinco visitas a centro de apoios às pessoas com deficiência visual, visando obter informações referentes aos problemas por elas enfrentados e o que poderia ser feito para sanar algum desses problemas. Durante as visitas, principalmente ao FACE (Fundação de Assistência à Criança Cega), foram ouvidas tanto as professoras/estudantes não deficientes visuais, quanto as crianças com deficiência para que fosse possível um maior entendimento sobre este contexto e o desenvolvimento de um dispositivo com alta acessibilidade e usabilidade.

Além das visitas aos centros de apoios, também foram realizadas pesquisas sobre as pessoas com deficiência visual, a relação com a leitura e a utilização do Braille para leitura de textos longos. Verificou-se então a falta da inserção do Braille na vida dessas pessoas devido à escassez de dispositivos a custos acessíveis e à dificuldade da impressão em Braille, pelo tamanho e técnicas de impressão (TORRE, 2014). O desenvolvimento desse projeto ocorreu em parceria com a fundação acima citada e também com o IPC (Instituto Paranaense de Cegos).

Para o desenvolvimento desse projeto foi utilizada uma metodologia de

desenvolvimento interativo e incremental. A equipe começou o desenvolvimento a partir do ponto crítico do trabalho: a definição do atuador que seria utilizado para levantar e abaixar os pinos dos caracteres Braille. Após várias tentativas, optou-se pela utilização do solenoide e a construção de 5 células Braille. Em seguida, fez-se o teste de controle do solenoide com o sistema microcontrolado, responsável pelo controle dos atuadores, sensores e da conexão Bluetooth.

O sistema microcontrolado é responsável por se conectar, através de módulo Bluetooth, ao sistema operacional do dispositivo utilizado pelo usuário (Windows ou Android) e encontrar o arquivo que deseja ser lido. Ao receber a parte da cadeia de caracteres que deve ser mostrada na Linha Braille, o microcontrolador controla os atuadores do Display, para que a informação possa ser corretamente apresentada. Os atuadores são controlados através das portas de I/O presentes no microcontrolador. Além disso, também é responsável pelo controle do sensor de finalização de leitura e dos botões de avanço e recuo.

Depois do teste do atuador, iniciou-se o desenvolvimento mecânico da Linha Braille: disposição dos atuadores, construção do invólucro e alinhamento e conexão dos atuadores com as células Braille, utilizando palitos de madeira. Assim, foi possível começar o desenvolvimento do software do sistema microcontrolado, que aciona ou não o solenoide, de acordo com a cadeia de caracteres recebida.

Por fim, foi desenvolvido o aplicativo Android que enviará ao microcontrolador a informação a ser apresentada no display. Todo o desenvolvimento do projeto foi baseado em um modelo incremental, onde o desenvolvimento da próxima etapa só é possível quando a etapa anterior for finalizada com êxito.

Para este projeto, a avaliação da interação foi desenvolvida em duas partes principais. A primeira avaliação foi realizada utilizando apenas um caractere Braille. Para esta avaliação inicial, a equipe fez contato com um grupo de pessoas com conhecimento da leitura em Braille, incluindo deficientes visuais ou não, para avaliar questões ergonômicas do caractere, em especial a textura e a legibilidade deste.

A próxima etapa de avaliações foi aplicada utilizando os cinco caracteres disponíveis. O objetivo dessa avaliação foi obter o feedback de usuários quanto a questões ergonômicas, funcionais e operacionais do dispositivo. Essa avaliação foi realizada por meio de uma entrevista baseada em um questionário abrangendo as principais características do dispositivo, respondido por usuários selecionados que se encaixem no perfil do público alvo do produto e que tiveram acesso ao dispositivo para testes.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Para o levantamento dos requisitos do dispositivo, foram realizadas entrevistas com funcionários e estudantes do FACE. Essas entrevistas seguiram um protocolo semiestruturado (PREECE, 2013), onde primeiramente os autores do projeto explicaram a ideia inicial, coletaram a opinião dos participantes baseadas em suas experiências com pessoas com deficiência visual e após foram realizadas perguntas sobre o cotidiano das crianças com deficiência visual, quais as dificuldades da alfabetização em Braille, quais os tipos de TA's que poderiam ser utilizadas durante essa alfabetização e ideias de TA que ainda não existem, mas que poderiam facilitar a vida das pessoas com deficiência visual.

A primeira pessoa a ser entrevistada não possui deficiência visual, mas trabalha com pessoas com essa deficiência há muito tempo e por essa razão, compreende o panorama geral que as pessoas com deficiência visual, principalmente crianças, enfrentam no seu cotidiano. Com essa primeira entrevista, foi identificada a dificuldade da alfabetização em Braille devido à falta de TA acessível voltada ao Braille e ao uso de TAs que não utilizam o Braille, como os leitores de tela. Além disso, a pessoa 1 destacou que a impressão em Braille além de ser extensa, utilizando muito papel, demanda uma revisão do arquivo para impressão que, dependendo do tamanho do arquivo, leva muito tempo.

Após a compreensão do panorama geral, a equipe realizou mais duas entrevistas com pessoas com deficiência visual que fazem parte da FACE. Uma delas era o professor de informática da fundação. Ele trabalha com os estudantes da FACE, introduzindo-as ao mundo digital, fazendo o uso de TA, principalmente os leitores de tela. A segunda era um estudante da instituição. Nessas entrevistas o foco foi na obtenção dos requisitos do dispositivo, requisitos estes que deveriam ser definidos por aqueles que usariam o dispositivo. Assim, a entrevista foi realizada na forma de um *brainstorm*, onde foi apresentada a ideia inicial (construção de um dispositivo tipo Linha Braille) e os entrevistados puderam identificar quais requisitos seriam válidos na construção desse dispositivo. Sendo assim, os requisitos para o desenvolvimento desse projeto são:

Requisitos funcionais:

- RF1: O usuário deve ser capaz de escolher o texto PDF que deseja ler;
- RF2: O dispositivo deve apresentar as informações nas células Braille correspondente ao texto escolhido;
- RF3: O usuário deve ser capaz de atualizar o display, mostrando a próxima sequência de caracteres do texto.
- RF4: O usuário deve ser capaz de atualizar o display, mostrando a sequência anterior de caracteres do texto.

Requisitos não funcionais:

- RNF1: O aplicativo para o dispositivo móvel deve ser desenvolvido na plataforma Android;
- RNF2: O dispositivo (microcontrolador) e o dispositivo móvel devem trocar informação via conexão Bluetooth;
- RNF3: A interação do usuário com o dispositivo deve ser feita através dos botões de avanço e recuo;
- RNF4: O dispositivo deve ser desenvolvido com baixo custo, ser acessível e usável.
- RNF5: O aplicativo para desktop deve ser desenvolvido na plataforma Windows;

As definições dos requisitos foram baseadas nas entrevistas, porém alguns requisitos foram definidos de acordo com o conhecimento técnico dos autores do projeto, como por exemplo, em quais plataformas os aplicativos deveriam ser desenvolvidos e qual o meio de comunicação entre o sistema microcontrolado e o dispositivo Desktop ou Móvel. As plataformas para desenvolvimento dos aplicativos (Windows e Android) foram escolhidas com base em estatísticas, sendo estes os sistemas operacionais mais utilizados. (TECH, 2017)

Sendo assim, o presente projeto teve como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo que apresentará em Braille em um display o conteúdo de um arquivo de texto escolhido pelo usuário. O arquivo de texto estará presente no sistema operacional, podendo ser Desktop ou Móvel, no formato .pdf.

O aplicativo Móvel ou Desktop enviará a informação a ser mostrada no display para o Arduino através da comunicação Bluetooth. Desta maneira, o Arduino será capaz de gerenciar

o display, realizando o controle dos atuadores presentes neste para que a informação seja corretamente apresentada ao usuário.

Neste projeto, o display é constituído de 5 caracteres em Braille distribuídos em uma linha contínua. O número de caracteres foi apenas cinco devido ao tamanho ocupado pelos atuadores escolhidos para a realização do projeto. Como para cada caractere Braille desenvolvido era necessário 5 vezes o tamanho do caractere no display, fez-se inviável a construção de uma linha com mais caracteres. Cada caractere é composto por um conjunto de duas colunas paralelas com 3 atuadores em cada coluna, de acordo com o padrão Braille utilizado. Ao final da linha do display haverá um botão que servirá de entrada de dados para o usuário solicitar a próxima rodada de caracteres. O usuário também será capaz de interagir com o dispositivo Linha Braille com a utilização do botão de recuo, que fará com que o dispositivo apresente novamente os caracteres apresentados anteriormente.

A Figura 9 apresenta o diagrama da arquitetura de funcionamento do projeto. O usuário realiza uma interação com o smartphone ou computador conectado ao dispositivo Linha Braille, para selecionar o arquivo de texto que será exibido do display. O conjunto de caracteres é enviado ao Arduino, através do módulo Bluetooth, que fará o controle do display. O usuário então lê o texto apresentado no display ou interage com dispositivo Linha Braille pelos botões de entrada de dados para controle da leitura.

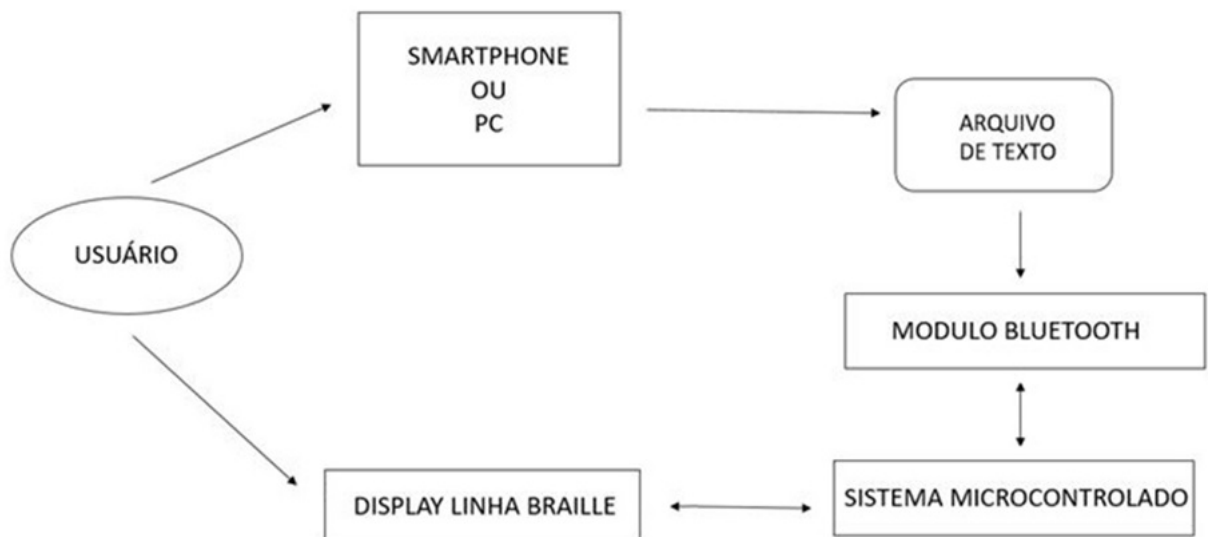


Figura 9: Diagrama de funcionamento

4.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Para o desenvolvimento desse projeto foram utilizados:

- 1 Arduino Mega;
- 30 Solenoides;
- 1 Fonte de 24V e 5A;
- 1 Estrutura retangular de madeira;
- 30 hastes de madeira;
- 1 Dispositivo móvel com sistema operacional Android.

4.2 ESTRUTURA

O invólucro do projeto tem o formato de uma caixa retangular, com dimensões 40cm x 9cm x 13cm e foi desenvolvido em madeira. A parte crítica do desenvolvimento da estrutura está na parte superior, onde estão as células Braille. Por serem muito pequenas e com distância entre pinos de apenas 1 milímetro, a perfuração dos buracos pelos quais passarão os atuadores foi realizada utilizando um fixador de furadeira para conseguir precisão na hora da perfuração. Devido a certas dificuldades encontradas na perfuração da madeira, a parte das células em Braille foi realizada em material de acrílico e então acoplada a caixa de madeira.

Após a realização da estrutura externa, estruturou-se a parte interna. Os solenoides foram parafusados em placas de ferro e colocados acoplados ao invólucro como uma escada, sendo a parte mais central a parte mais baixa e as laterais as partes mais altas. A Figura 10 apresenta o posicionamento interno dos solenoides.

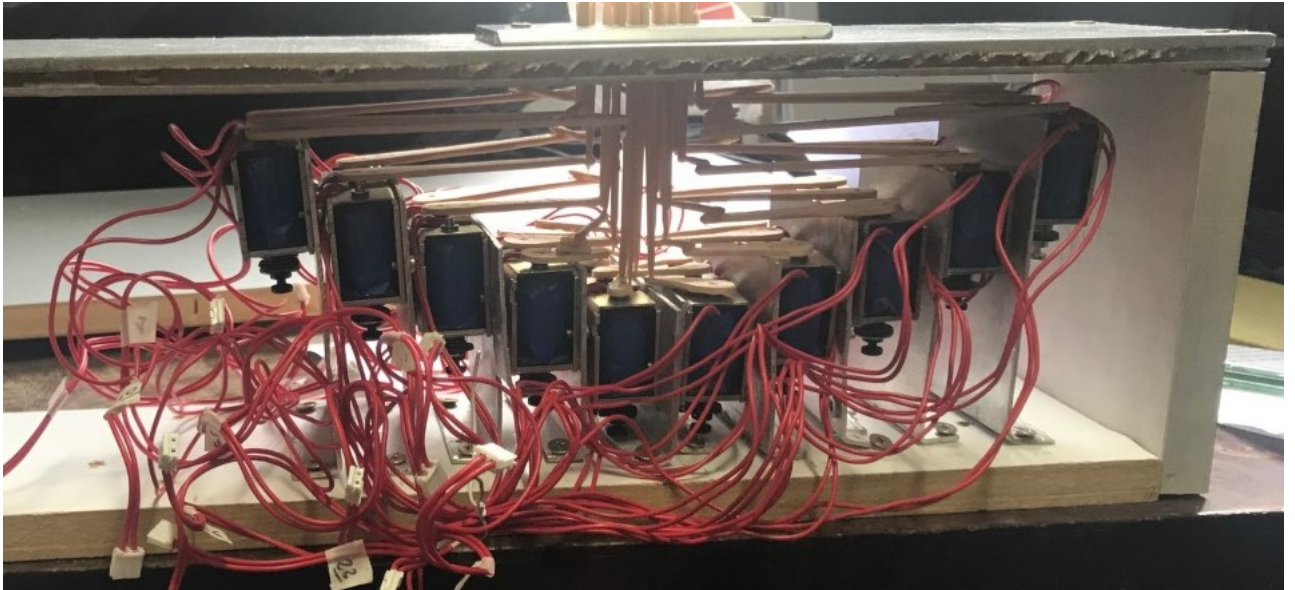


Figura 10: Estrutura Frontal: posicionamento dos solenoides e conexão com hastes de madeira

Devido ao tamanho, os solenoides não podem ser posicionados exatamente embaixo dos buracos para os quais servirão como atuadores. Por essa razão, fez-se necessária a confecção de hastes de madeira que funcionam como guia interligando o solenoide (atuador) ao buraco correspondente na célula Braille. A parte inferior da haste foi realizada com palitos de sorvete, já para a parte que chega à célula utilizou-se palitos de dente.

Foram realizados pequenos furos nas extremidades dos palitos de sorvete. Um destes furos serve para que o palito seja acoplado ao solenoide. O outro furo serve como entrada para o palito de dente, que permanece fixo à haste devido a utilização de cola própria para madeira. A figura 10 apresenta as hastes guias que fazem a conexão dos atuadores às células Braille. A figura 11 apresenta a estrutura completa do projeto.



Figura 11: Estrutura completa do projeto

4.3 ARDUINO

O Arduino Mega foi o microcontrolador utilizado para o desenvolvimento do dispositivo Linha Braille e seu código é desenvolvido em uma linguagem baseada em C/C++. A comunicação entre os aplicativos Desktop e Móvel e o Arduino ocorreu por meio do módulo Bluetooth que utiliza os pinos de comunicação serial do Arduino (RX e TX). O Arduino foi escolhido para este projeto devido à sua simplicidade de uso e maior familiaridade dos autores.

O código desenvolvido para o Arduino possui três funções principais: receber os dados do aplicativo, controlar o display e fazer o *pooling* dos botões de avanço e recuo. Para realizar a comunicação o dispositivo faz a utilização dos pinos de comunicação serial (RX e TX), recebendo assim a cadeia de caracteres a ser mostrada no display. Como os pinos RX e TX respondem a 3,3V, ou seja, consideram sinal em alta em 3,3V e não 5V como os outros pinos do Arduino, fez-se necessário o uso de um divisor de tensão para ajustar o valor do sinal ao valor especificado para esses pinos.

O controle do display é realizado via caractere, ou seja, há uma função que recebe dois parâmetros: o símbolo a ser mostrado em Braille e em qual célula esse caractere vai ser apresentado, por exemplo, ao ser invocada a função *controle('a', 3)*, a terceira célula Braille do dispositivo apresentará a letra 'a'. Por fim, a leitura dos botões é realizada via *pooling*. Quando o botão é pressionado, o Arduino envia uma informação ao aplicativo, solicitando a sequência de caracteres de acordo com o botão pressionado. Ao receber essa informação, o Arduino atualiza novamente o display. A Figura 12 apresenta o diagrama do algoritmo do código para o Arduino.

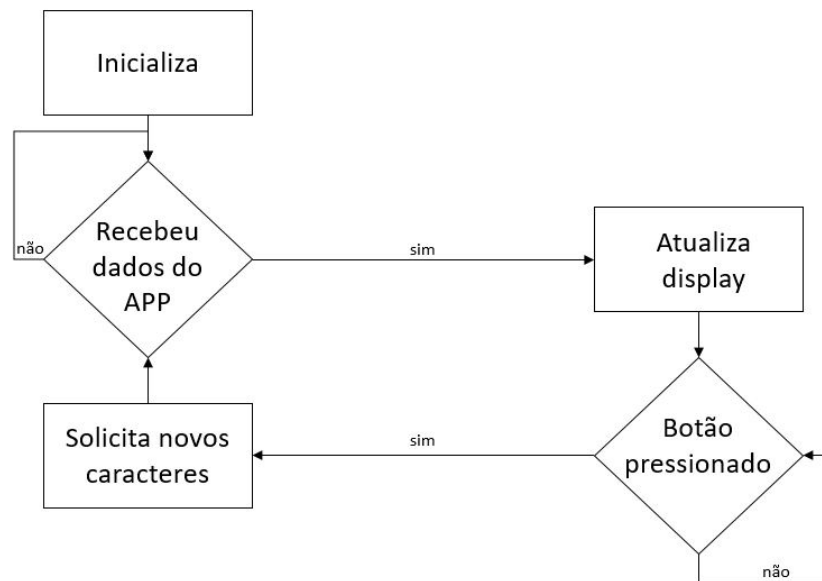


Figura 12: Diagrama do algoritmo do código para o Arduino

4.4 APLICATIVO DESKTOP

O aplicativo desktop tem por objetivo oferecer a opção de seleção do arquivo a ser lido pelo usuário, armazená-lo enquanto a leitura está sendo realizada e enviar para o sistema embarcado o conjunto de caracteres a serem mostrados. Seu layout foi desenvolvido para ser simples e acessível, a fim de atender melhor o público alvo do projeto. Para isso, fez-se uso de botões grandes e sem arredondamentos, uma vez que quanto maior a área do botão mais fácil de ser encontrado na tela por usuários com deficiência visual. Além disso, existem textos de apoio que são lidos pelo leitor de tela que descrevem o aplicativo. O resultado final do layout pode ser visto na Figura 13.



Figura 13: Interface do aplicativo desktop

Este aplicativo contém apenas dois botões, como pode ser visto na Figura 13. Ao selecionar o primeiro botão, o usuário abre o sistema de diretórios do sistema operacional, Windows. O aplicativo foi desenvolvido de tal maneira que apareçam para o usuário somente os arquivos do tipo PDF, que são o tipo de arquivo suportado pela aplicação.

Para conseguir essas funções, foi utilizada a função “showDialog()” disponível na biblioteca de classes da framework .NET “System.Windows”. Essa função retorna o caminho para o arquivo selecionado, o que é o necessário para fazer uso da função que recebe o arquivo PDF e a converte para uma cadeia de caracteres. Essa função é proveniente da segunda biblioteca utilizada no desenvolvimento desse aplicativo, a iTextSharp. Disponibilizada pelo grupo iText Group NV, esta biblioteca disponibiliza diversas funções relacionadas com a manipulação de arquivos PDF, incluindo criar, abrir, modificar e outras funções. Ressalta-se que para a utilização comercial desta biblioteca é necessário fazer a compra de uma licença específica para tal fim.

Ao clicar o botão “SELECIONAR ARQUIVO” o programa ainda se encarrega de armazenar todo o texto recebido, e enviar os primeiros caracteres do texto, em caracteres latinos para o sistema embarcado. A comunicação entre o desktop e o sistema embarcado ocorre via Bluetooth, e os próximos caracteres serão enviados apenas quando o aplicativo desktop receber o sinal de que algum dos botões do Leia Braille foi acionado. É função do aplicativo analisar o sinal recebido e atualizar o índice de posição no texto para que sejam mandados novos caracteres a serem dispostos no display.

Por fim, ao selecionar o botão “AJUDA”, o usuário ouvirá um pequeno texto com as

principais informações sobre como usar o aplicativo e o dispositivo Leia Braille. Este texto, assim como toda navegação pelo aplicativo conta com a função que o sistema operacional Windows dispõe de leitura de tela, para que o usuário possa navegar tanto pelo aplicativo quanto pelo sistema de diretórios.

4.5 APLICATIVO ANDROID

O aplicativo Android possui as mesmas funções que o aplicativo desktop, mudando-se basicamente a linguagem em que foi desenvolvido. Ele consiste também em apenas uma tela principal que contém um botão para selecionar o arquivo que deseja ser lido, e outro para ouvir um pequeno texto sobre o funcionamento do aplicativo e do dispositivo Leia Braille, como é visto na Figura 14.



Figura 14: Interface do aplicativo Android

Assim como o aplicativo para desktop, faz-se uso de uma biblioteca do grupo iText Group NV, iTextG, para extrair a informação do arquivo PDF. Além disso, o aplicativo é responsável por armazenar o texto em uma cadeia de caracteres e enviar para o dispositivo Leia Braille de acordo com os sinais recebidos do mesmo, através da comunicação Bluetooth.

A versão utilizada da API Android é a API 21: Android 5.0 (Lollipop) e atinge 71,3% dos dispositivos Android atualmente (ANDROID, 2017). Essa versão foi escolhida por

disponibilizar uma função que permite acessar o sistema de diretórios do sistema operacional, função crucial para o funcionamento do aplicativo.

4.6 SOLENOIDE

O atuador escolhido para o levantamento dos pinos para as células Braille foi o solenoide. O modelo utilizado foi o STC-06D-D04P, com dimensões 19x29 mm, curso de 5mm e 24V. Como foram construídas 5 células Braille, cada célula com seis pontos, fez-se necessário o uso de 30 solenoides.

O controle do solenoide é realizado pelo Arduino. Para isso, projetou-se um circuito para que esse controle fosse possível, já que o solenoide demanda mais corrente do que o Arduino pode fornecer. Além do Arduino e do solenoide, foi utilizado um diodo 1N4007, um transistor TIP120, um resistor de 1K Ω e a fonte de 24V.

O TIP120 direciona a corrente para o solenoide, baseando-se no pino digital do Arduino. O diodo é utilizado como um dispositivo de segurança, evitando que correntes de retorno danifiquem o circuito. A Figura 15 mostra o esquemático do circuito utilizado.

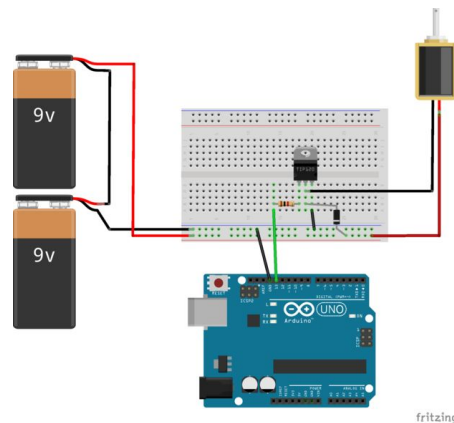


Figura 15: Esquemático do circuito para controle do solenoide

Quando o pino do arduino (ligado à base do transistor) está em baixa, o transistor está em corte, não deixando que a corrente flua ao solenoide. Quando o pino do Arduino está em alta, o transistor satura, permitindo que a corrente chegue ao solenoide e seu funcionamento aconteça.

Devido ao grande número de solenoides e da necessidade de alta corrente para o funcionamento de cada solenoide, a fonte utilizada para o projeto fornece uma corrente de até 5A, valor alto quando comparado com as demais fontes convencionais.

4.7 PRINCIPAIS DIFICULDADES

A principal dificuldade encontrada na realização desse projeto foi a definição do atuador a ser utilizado para o levantamento dos pinos das células Braille. Como cada célula tem tamanho muito pequeno (menor que 1cm^2), a equipe teve dificuldade em encontrar um atuador que respondesse a essas medidas.

A primeira tentativa, utilizada nos dispositivos tipo Linha Braille comerciais, foi a utilização de um atuador piezoelétrico. Entretanto, a equipe não encontrou esse tipo de atuador a venda no Brasil e no exterior o único lugar encontrado requeria a compra de 1000 atuadores com o valor de US\$2,50 cada, tornando-se inviável para o projeto.

A segunda tentativa foi a utilização de motores DC ou motores de passo. O problema encontrado estava relacionado ao tamanho dos motores e também pela cinemática dos movimentos realizados (giravam e não faziam o movimento de sobe e desce). Por fim, a equipe tentou fazer a construção dos próprios solenoides, enrolando fio de cobre sobre uma estrutura metálica. Além da instabilidade do dispositivo construído, para se tornar um dispositivo robusto, eram necessárias muitas voltas do fio de cobre, fazendo com que seu tamanho se tornasse desproporcional para a aplicação.

Por fim, com a decisão da utilização dos solenoides comerciais, surgiu a segunda grande dificuldade. Como os solenoides eram muito maiores do que as células Braille, a equipe necessitou da construção de uma estrutura que interligasse os solenoides aos pinos das células Braille. Essa estrutura foi realizada com palitos de madeira e por se tratar de um ambiente muito pequeno e próximo um do outro, causou vários problemas durante a construção (como um palito encostando no outro, desencaixe dos palitos do buraco, altura uniforme dos palitos).

Sendo assim, a equipe acredita que a escolha do solenoide como atuador não foi a melhor possível e incentiva que trabalhos futuros procurem formas alternativas para solucionar esse problema ou desenvolvam um novo tipo de atuador.

4.8 CUSTOS

Os custos para o desenvolvimento desse projeto foram:

- R\$ 55,00 Arduino;
- R\$ 350,00 Solenoides;

- R\$ 44,00 Módulo Bluetooth;
- R\$ 15,00 Invólucro;
- R\$ 100,00 Outros.

Sendo assim, o custo total do projeto foi de R\$ 564,00, desconsiderando o preço da mão de obra dos envolvidos.

5 EXPERIMENTO PILOTO

Para avaliar a usabilidade e acessibilidade do dispositivo Linha Braille, realizou-se um experimento piloto com professoras do Instituto Paranaense de Cegos (IPC). O experimento piloto foi dividido em duas partes: um teste utilizando apenas um caractere Braille e outro teste utilizando todos os caracteres.

O primeiro teste consistiu na leitura de um caractere por vez, ou seja, as professoras participantes do teste liam uma letra por vez no dispositivo. Foram testadas 10 letras diferentes do alfabeto, letras essas que englobavam todos os pontos da célula Braille. O objetivo desse primeiro teste era de verificar questões ergonômicas do caractere, como textura e legibilidade.

O segundo teste foi realizado em duas fases diferentes. A primeira, baseou-se na leitura de palavras de até cinco caracteres e a segunda, na leitura de uma frase. No primeiro momento, foram testadas 5 palavras (casa, corda, rosa, dado e rato). Este teste serviu para avaliar questões ergonômicas dos caracteres em conjunto, como espaçamento de um caractere ao outro e altura dos pinos de todos os caracteres. Além disso, permitiu a equipe identificar a usabilidade do dispositivo no momento da leitura de uma palavra.

No segundo momento, foi solicitado aos participantes do teste que lessem uma pequena frase (“O cravo e a rosa”). O objetivo dessa etapa não está mais ligado a questões ergonômicas do dispositivo, e sim atrelado a usabilidade do dispositivo para leitura de um texto, função principal do dispositivo em questão.

O teste foi realizado por duas professoras do IPC: Rosemari Lopes (com deficiência visual) e Beatriz Gomes dos Santos (sem deficiência visual). É importante destacar que pessoas videntes que leem Braille, não utilizam os dedos para realização da leitura e sim os olhos, possibilitando uma avaliação diferenciada e complementar das duas professoras.

No primeiro teste o índice de acerto das letras foi de 100% para as duas professoras. De acordo com elas, foi possível identificar qual letra estava sendo mostrada, de maneira fácil e rápida. Entretanto, foi destacada a falta de uniformidade entre alguns pinos. Segundo a professora Rosemari, a falta de uniformidade pode confundir pessoas que estão aprendendo

Braille, principalmente se o dispositivo for utilizado por crianças em período de alfabetização. Como a professora Rosemari já utiliza o Braille há muitos anos, ela não teve nenhuma dificuldade para leitura dos caracteres.

Um ponto levantado pela professora Beatriz (que fez a leitura com os olhos, mas realizou alguns experimentos com o dedo no dispositivo) foi que os pontos, quando apertados muito forte, podem descer e dificultar a leitura. Entretanto, ao realizar a leitura, a professora Rosemari desconsiderou o fato como um potencial problema do dispositivo, já que pessoas que leem Braille não utilizam tanta força no momento da leitura.

Na primeira parte do segundo teste, o índice de acerto também foi de 100% para as duas professoras. A legibilidade das palavras era clara, mas novamente levantou-se o problema da falta de uniformidade entre alguns dos pinos. Entretanto, a disposição dos pontos e espaçamento entre os caracteres estão de acordo com os padrões estipulados. Por fim, na segunda parte do teste, apenas a professora Rosemari realizou o teste da frase, pois a professora Beatriz estava envolvida com outras atividades do IPC, e o índice de acerto foi também de 100%. Nesta parte do experimento piloto, a professora Rosemari fez a utilização dos botões presentes no dispositivo para avanço e recuo da cadeia de caracteres a ser apresentada no display, permitindo a interação do usuário com o dispositivo. O dispositivo permite a leitura de frases, entretanto, devido ao baixo número de células Braille, torna-se um pouco difícil para o usuário que está realizando a leitura, pois o mesmo necessita gravar na memória pedaços de palavras até chegar a próxima cadeia de caracteres. Com o objetivo de agilizar o experimento piloto, pois as professoras estavam em horário de trabalho, os caracteres, palavras e frase exibidos no display foram programados diretamente no código do Arduino e os aplicativos foram apenas apresentados para as professoras.

Durante o experimento piloto não foi analisada a eficiência (velocidade de resposta) do dispositivo em relação aos outros dispositivos tipo Linha Braille. O objetivo do experimento piloto foi verificar a eficácia do mesmo, ou seja, verificar se as informações mostradas no display estavam corretas. Entretanto, durante o experimento piloto verificou-se um atraso de 1,2 segundo na troca da cadeia de caracteres apresentada no display devido ao tempo de comunicação entre o aplicativo e o sistema microcontrolado.

Ao final dos testes, ambas as professoras foram solicitadas para realizar uma avaliação geral do dispositivo, na forma de entrevista, onde foram indagadas sobre possíveis melhorias do dispositivo, funcionalidades a serem adicionadas e também sobre a experiência geral com o dispositivo. Como resposta, ambas gostaram muito do projeto desenvolvido e acreditam que o mesmo pode ser aproveitado em ambientes de alfabetização em Braille. Como futuras

melhorias, surgiu a ideia da construção de um dispositivo voltado para a alfabetização em Braille e não para leitura de textos, devido ao baixo número de células Braille, como a criação de um aplicativo que passasse por todo o alfabeto, sílabas e pequenas palavras.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente projeto possibilitou uma análise sobre a realidade das pessoas com deficiência visual e a utilização de tecnologias assistivas para leitura em Braille. Após a pesquisa, identificou-se que o uso de TA para leitura em Braille é baixo devido ao alto custo e falta de acessibilidade e também devido à presença de TA como os leitores de tela, que são mais acessíveis e difundidas, fazendo com que o uso do Braille seja negligenciado.

Além disso, estima-se que 82% das pessoas com deficiência no mundo vivem abaixo da linha da pobreza (RICHARDSON, 2009). Ou seja, além do baixo número de TA para leitura em Braille e do preço (dispositivos tipo Linha Braille podem custar até R\$ 20.000,00), as pessoas com deficiência encontram-se em sua maioria, abaixo da linha da pobreza. Com isso, surgiu a ideia da criação de um dispositivo Linha Braille, de baixo custo, que pudesse ajudar na falta de TA para alfabetização em Braille, tornando um tipo de tecnologia mais acessível.

Durante o desenvolvimento desse projeto a equipe se deparou com vários desafios. Sendo o primeiro relacionado a dificuldade de contato com instituições que trabalham diretamente com pessoas com deficiência visual. Só foi possível o contato com uma dessas instituições, quando os diretores foram abordados pessoalmente, no lançamento da cartilha para cegos, em um evento que ocorreu na Biblioteca Pública do Paraná e contou com a presença de diretores e funcionários de instituições com foco em pessoas com deficiência visual e também de pessoas que participam dessas instituições. O segundo desafio apareceu durante o desenvolvimento do projeto em si. Não foi possível encontrar um atuador que satisfizesse as necessidades do produto, de acordo com o tamanho das especificações da célula Braille. Com isso, ao adaptar o solenoide como atuador a ser utilizado, surgiu a limitação da quantidade de caracteres que deveriam ser usados no dispositivo, já que a proporção célula Braille para o tamanho do dispositivo era de aproximadamente 1:5, ou seja, para cada célula Braille adicionada, era necessário 5 vezes o tamanho da célula no dispositivo, fazendo com que o tamanho do dispositivo crescesse de forma acentuada.

Mesmo com essas restrições, o presente projeto pode servir como base para a

construção de novos dispositivos, como um dispositivo voltado para alfabetização em Braille, ensinando primeiro o alfabeto, sílabas e depois pequenas palavras. Além disso, a equipe incentiva que para novos projetos seja buscado um novo atuador comercial ou realizado uma pesquisa para a construção de um atuador específico para este tipo de aplicação. Trabalhos futuros também poderiam investigar a adição de funcionalidades ao dispositivo, como a escrita em Braille.

Por fim, acredita-se que o referido projeto tenha cumprido com os objetivos propostos ao apresentar um dispositivo tipo Linha Braille, de baixo custo, com valores até 95% menores quando comparados com os dispositivos Linha Braille presentes no mercado. No entanto, há de se salientar que o dispositivo proposto não tem as mesmas funcionalidades que seus concorrentes, principalmente devido ao limitado número de caracteres que podem ser representados simultaneamente. Ademais, após o teste do dispositivo, pode-se verificar que o mesmo apresenta alta usabilidade e acessibilidade e está apto a ser utilizado por pessoas com deficiência visual, especialmente se consideradas as sugestões das participantes dos testes, sobre o emprego no processo de alfabetização em Braille.

REFERÊNCIAS

- AFB. **What is Braille**. 10 2017. Acessado: 10/2017. Disponível em: <<http://www.afb.org/info/living-with-vision-loss/braille/what-is-braille/123>>.
- AMPUDIA, R. O que é deficiência visual. 2011. Acessado: 11/2017. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/270/deficiencia-visual-incl>>.
- ANDROID. Dashboards - platform distribution. 2017. Acessado: 11/2017.
- ARDUINO. What is arduino. 2017. Acessado: 11/2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>.
- BECK, K. **Extreme Programming Explained: Embrace Edition**. 2nd. Edition, 1999.
- BRAGA, N. Como funciona o solenóide. 2015. Acessado: 11/2017. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3890-mec095>>.
- BRASIL. Lei 13.146 de 6 de julho de 2015. institui a lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência. 2015. Acessado: 10/2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20152018/2015/Lei/L13146.htm>.
- DIAS, E. M.; VIEIRA, F. B. de A. O processo de aprendizagem de pessoas cegas: um novo olhar para as estratégias utilizadas na leitura e escrita. **Revista Educação Especial**, 2017. Acessado: 10/2017. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/3131/313150464013.pdf>>.
- GUIMARAES, A. P. N.; TAVARES, T. A. Avaliação de interfaces de usuário voltada à acessibilidade em dispositivos móveis: Boas práticas para experiência de usuário. **UFPB**, 2014. Acessado: 10/2017. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wtdwebmedia/2014/004.pdf>>.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física 3, Eletromagnetismo**. LTC, 2012.
- HIMS. **Smart Beetle with Case**. 05 2017. Acessado: 10/2017. Disponível em: <<https://hims-inc.com/products/smart-beetle/>>.
- HISM. **Braille Edge 40**. 2017. Acessado: 10/2017. Disponível em: <<https://hims-inc.com/products/braille-edge-40/>>.
- HUMANWARE. **Brailiant BI 32 (New Generation) Braille Display**. 2017. Acessado: 10/2017. Disponível em: <<http://store.humanware.com/hus/brailiant-bi-32-new-generation.html>>.
- HUMANWARE. **Brailiant BI 40 (NEW generation) braille display**. 2017. Acessado: 10/2017. Disponível em: <<http://store.humanware.com/hus/brailiant-bi-40-new-generation.html>>.

- LAFUMA, A.; BRÉZIN, A.; LOPATRIELLO, S. Evaluation of non-medical costs associated with visual impairment in four european countries. 2006. Acessado: 10/2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.2165/00019053-200624020-00007>>.
- LIMA, P. A. O aluno com deficiência visual na escola. **Centro Referência Virtual do Professor**, 2006. Acessado: 10/2017. Disponível em: <http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/index.aspx?id_projeto=27&ID_OBJETO=31869&tipo=ob&c>.
- LORATEC, L. **Display Braille Focus 40**. 2017. Acessado: 10/2017. Disponível em: <http://loja.laratec.org.br/index.php?route=product/product&path=98_17&product_id=119>.
- PREECE, J. e. a. **Design de interação: além da interação humano-computador**. 3. ed. Bookman, 2013.
- RIBEIRO, S. L. A interface acessibilidade e educação inclusiva. **INTERMEIO**, 2008. Acessado: 10/2017. Disponível em: <<http://www.seer.ufms.br/index.php/intm/article/view/2524/1725>>.
- RICHARDSON, Z. M. R. J. Pobreza, deficiência visual e políticas sócio-educativas. **Universidade Federal da Paraíba**, 2009. Acessado: 10/2017. Disponível em: <<http://tede.biblioteca.ufpb.br/bitstream/tede/4841/1/arquivototal.pdf>>.
- SANT'ANNA, L. O que é um display braille. 2008. Acessado: 11/2017. Disponível em: <<http://acessibilidadelegal.com/33-display-braille.php>>.
- SARTORETTO, M. L.; BERSCH, R. Assistiva, tecnologia e educação. 2017. Acessado: 11/2017. Disponível em: <<http://www.assistiva.com.br/tassistiva.html#topo>>.
- SOUZA, L. M. de. Método Ágil xp (extreme programming). **Academus**, 2007. Acessado: 11/2017. Disponível em: <http://intranet.fainam.edu.br/aceso_site/fia/academos/revista3/6.pdf>.
- TAFIDA, A.; KYARI, F.; ABDULL, M. M.; SIVASUBRAMANIAM, S.; MURTHY, G. V. S.; KANA, I.; GILBERT, C. E. Poverty and blindness in nigeria: Results from the national survey of blindness and visual impairment. 2015. Acessado: 10/2017. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/09286586.2015.1077259?scroll=top&needAccess=true>>.
- TALEB, A.; FARIA, M. A. R. de; ÁVILA, M.; MELLOÁVILA, P. A. de A.; PAUL. As condições de saúde ocular no brasil. **Conselho Brasileiro de Oftalmologia**, 2012. Acessado: 10/2017. Disponível em: <<http://www.cbo.com.br/novo/medico/pdf/01-cegueira.pdf>>.
- TECH, C. **Android supera Windows como sistema operacional mais usado do mundo**. 2017. Acessado: 12/2017. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/android/android-supera-windows-como-sistema-operacional-mais-usado-do-mundo-91596/>>.
- THOMSEN, A. O que é arduino. 2014. Acessado: 11/2017. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>.
- TORRE, D. **O Livro além do Braille: aspectos relativos à edição e produção**. Universidade de São Paulo, 2014.

APPENDIX A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu _____, portador do RG número _____, estou sendo convidado a participar de um estudo denominado Leia Braille: dispositivo tipo linha Braille de baixo custo para leitura de textos digitais por pessoa com deficiência visual, cujos objetivos e justificativas são: proposta de um protótipo do tipo linha Braille, de baixo custo que atenda aos requisitos de usabilidade e de distribuição livre, capaz de transcrever em um display, com número fixo de caracteres de Braille, o conteúdo de um arquivo de texto.

A minha participação no referido estudo será no sentido de auxiliar no experimento do dispositivo desenvolvido na forma de uma avaliação de usabilidade.

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será divulgado somente com prévia autorização.

Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar.

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são Fernanda Gasparini Silvano, Lucas Matheus Marin Ribeiro e Prof. Dr. Leonelo Dell Anhol Almeida e com eles poderei manter contato pelos endereços eletrônicos fernandagasparini.s@gmail.com, lucasmmribeiro@outlook.com e leonelo@dainf.ct.utfpr.edu.br

É garantido a mim o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

Curitiba, 23 de novembro de 2017.

Assinatura do participante ou responsável

Assinatura de um dos pesquisadores