

Conversor Braille: Um Aporte ao Processo de Alfabetização de Pessoas com Deficiência Visual

Cristina Paludo Santos, Alexandre dos Santos Roque, Cristiane Ellwanger, Gustavo Teixeira, Emanuel Zago

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI)
98.802-470 - Santo Ângelo – RS – Brazil

[paludo,roque]@san.uri.br, [cristianeellwanger, whrim]@gmail.com,
zagome@hotmail.com

Abstract. *This article describes the development of a technological artifact intended to serve as a support to teaching and learning of Braille system. The artifact produced called converter Braille, is characterized as a device that allows tactile reading Braille. It consists of software that implements a technique for representing letters of the alphabet in Braille and also by a hardware which includes the Arduino prototyping platform and micro servos that were the basis for the design of the Braille cell. Use of this system can be made available not only for blind people, but also to teachers and parents so they can help their students / children in the Braille system learning process.*

Resumo. *Este artigo descreve o desenvolvimento de um artefato tecnológico de baixo custo e fácil utilização destinado a servir como suporte ao ensino e aprendizagem do sistema Braille. O artefato produzido, denominado Conversor Braille, caracteriza-se como um dispositivo que permite a leitura tátil em braille. É composto por um software que implementa uma técnica para a representação das letras do alfabeto em braille e, também, por um hardware que contempla a plataforma de prototipagem Arduino e micro servos que foram a base para a concepção da célula braille. O uso desse sistema pode ser disponibilizado não apenas para as crianças cegas, mas também para professores e pais, para que possam ajudar seus alunos/filhos no processo de aprendizagem do sistema Braille.*

1. Introdução

O processo de aquisição da leitura e escrita pelo aprendiz com deficiência visual possui várias características peculiares por se tratar de algo que envolve muitos aspectos diferenciados, desde o uso de um alfabeto reproduzido em relevo e códigos distintos, até a adequação minuciosa de um contexto alfabetizador [Lima, 2013]. Enquanto a maioria das crianças videntes por volta dos 6 anos de idade estão aptas à leitura e escrita, as crianças cegas ainda precisam desenvolver habilidades motoras que permitem utilizar os recursos do braille.

Além disso, o processo de alfabetização precisa provocar a participação e a interação entre escola, educadores, educandos e pais. No entanto, cabe uma reflexão no papel dos pais neste processo, ainda mais considerando situações em que os pais são videntes e desconhecem o sistema braille. Neste sentido, surgem as seguintes questões:

que recursos tecnológicos podem prover subsídios para que pais videntes auxiliem seu filho cego na aprendizagem do sistema braile? Como conceber materiais e métodos que favoreçam os outros sentidos de pessoas com deficiência visual permitindo que sua aprendizagem não seja prejudicada e o desenvolvimento de suas habilidades ocorra?

Estas questões impulsionam o desenvolvimento desta pesquisa que visa a concepção de um sistema embarcado de fácil utilização e de baixo custo que provenha recursos adequados que apoiem familiares e/ou cuidadores que desconhecem o sistema braile na tarefa de participar do processo de ensino deste sistema para pessoas com deficiência visual. As contribuições advindas do presente trabalho relacionam-se com os apontamentos de Cassilo (2014) que enfatiza o uso das tecnologias como um caminho com inúmeras possibilidades no processo educacional de crianças e adolescentes com deficiências visuais, oferecendo oportunidades de experiências promissoras no sentido de promover descobertas das propriedades e funções da leitura e escrita e estabelecer o desejo de aprender.

Deste modo, a natureza do trabalho proposto está fundamentada na motivação principal de contribuir para a resolução de problemas uma vez que parte de conhecimentos disponíveis e procurar ampliá-los gerando novos conhecimentos para aplicações práticas. Para tanto, é proposto um dispositivo denominado “Conversor Braile” para auxiliar no processo de alfabetização de pessoas cegas.

Uma visão geral do artefato proposto é apresentada nas seções subsequentes estruturadas da seguinte forma: a seção 2 apresenta alguns conceitos importantes que embasaram o desenvolvimento do Conversor Braile; a seção 3 apresenta os objetivos almejados; a seção 4 apresenta uma visão geral da metodologia empregada no desenvolvimento do artefato; a seção 5 apresenta detalhes do desenvolvimento do Conversor e, por fim, a seção 6 apresenta as considerações finais e trabalhos futuros.

2. Referencial Teórico

Esta seção apresenta uma visão geral dos principais conceitos que embasaram a concepção do Conversor Braile. Visto o caráter multidisciplinar da proposta, faz-se necessário um embasamento no que se refere ao processo de alfabetização de alunos com deficiência visual, bem como do sistema Braile e dos recursos computacionais modernos que possibilitam o desenvolvimento desta proposta.

2.1 Processo de Alfabetização de Alunos com Deficiência Visual

A alfabetização de alunos com deficiência visual requer uma atuação pedagógica que atenda às especificidades das potencialidades e das dificuldades dos alunos. De acordo com Lima (2013), a aprendizagem se efetiva por meio da participação dos sentidos, sendo a visão responsável pela ordem de 75% da percepção. Em face desse alto índice, a criança portadora de deficiência visual demanda procedimentos pedagógicos específicos, pois a cegueira, seja ela parcial ou total, “traz consequências para o desenvolvimento e a aprendizagem, requisitando sistemas de ensino que transmitam, por vias alternativas, a informação que não pode ser obtida por meio dos olhos”.

Uma criança cega tem acesso às mesmas etapas de pensamento de uma criança que enxerga, levando-se em consideração as particularidades da deficiência. Seu processo de alfabetização será mais complexo, pois o contato com a leitura e a escrita

ocorre tardiamente, sendo necessário um pouco mais de estimulação. Segundo Laplane (2008), esse fato se dá em função de o Sistema Braille não fazer parte do dia a dia, como um objeto socialmente estabelecido, pois somente os cegos se utilizam dele. As descobertas das propriedades e funções da escrita tornam-se impraticáveis para uma criança cega, já que ela só toma contato com a escrita e com a leitura, na maioria das vezes, no período escolar.

Esse problema pode trazer sérias defasagens para a criança cega, atrasando a aquisição e domínio da escrita. Desse modo, é necessário que ela entre em contato com a escrita Braille de maneira lúdica, descompromissada, e deve assim passar por experiências no ato de escrever. O professor deve lhe propiciar materiais que a levem a experimentar as mesmas sensações e prazeres descobertos e vividos por qualquer criança em relação ao mundo da escrita. Todo material deve ter forma retangular, imitando a cela Braille. Esse convívio será de ótima valia para as necessidades e possibilidades desta postura educacional.

Assim, o processo de aprendizagem de uma criança portadora de deficiência visual requer procedimento e recursos especializados. Para que seu crescimento global se efetive verdadeiramente, faz-se necessário que lhe sejam oferecidas muitas oportunidades de experiências e material concreto adequado, pois inúmeras habilidades devem ser trabalhadas. Segundo Mosquera (2010), “qualquer método pode ser usado, desde que respeitem as necessidades de compreensão da natureza perceptivo-tátil e não visual adotada no ensino de crianças deficientes visuais”.

2.2 Sistema Braille

O sistema braille é uma escrita em relevo, constituído por 63 sinais codificados por pontos, a partir do conjunto matricial formado por 6 pontos, distribuídos entre duas colunas. Os pontos são enumerados de cima para baixo, da esquerda para direita. Os números 1, 2 e 3 formam a coluna da esquerda, os números 4, 5 e 6 formam a coluna da direita [Canejo 2005].

O sistema braille pode ser aplicado não só à representação dos símbolos literais, mas também à dos matemáticos, químicos, fonéticos, informáticos, musicais, etc. Quando aplicado à Língua Portuguesa, quase todos os sinais são representados na sua forma original, apenas algumas vogais acentuadas são representadas por sinais exclusivos.

Existem diversas dimensões para a célula braille de acordo com o país. Para este projeto foram adotados padrões para o Português. A Figura 1 representa a distância entre os pontos da célula braille.

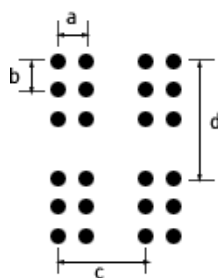


Figura 1. Distância entre os pontos da célula braille.

As dimensões são dadas em milímetros com as seguintes medidas: $a = 2,29$; $b = 2,54$; $c = 6,0$ e, $d = 10,41$ [GESTA-MP, 2013]. Considerar tais dimensões durante o processo de concepção do dispositivo físico que implementará a cela braille do conversor é de suma relevância.

2.3 Sistemas Embarcados

Sistemas embarcados (SEs) estão relacionados ao uso de hardware (eletrônica) e software (instruções) incorporados em um dispositivo com um objetivo pré-definido. A diferença entre um sistema embarcado e um computador de propósito geral está justamente na objetividade. Computadores como PCs, notebooks e afins são máquinas multiobjetivo, ou seja, foram criadas e dimensionadas para atuar num domínio de funções muito grande. Já os sistemas embarcados ou SEs possuem dimensionamento de recursos direcionado a um domínio de objetivos específicos.

O objetivo de um SE é o de controlar processos, em outras palavras, atuar sobre um problema. Um processo pode ir de um simples acender e apagar de lâmpadas automatizado, até gerenciamento autônomo de um avião (piloto automático).

Um sistema embarcado possui uma subdivisão clara que corresponde à unidade de processamento, representada pelo software que executa as instruções; memória, que armazena dados e instruções e, periféricos que são as interfaces da unidade de processamento com o mundo externo, trazendo ou enviando informações para ele.

Dentre os periféricos destacam-se, no escopo deste trabalho, os atuadores que proporcionam ao SE a habilidade de intervir no meio onde atua. Como o próprio nome diz, são dispositivos que realizam ações que interferem no processo em controle. Exemplos de atuadores são os micro servo, comumente utilizados para pequenos projetos e que possuem um valor acessível. Dentre os modelos desse atuador destaca-se o “Tower Pro - SG90” que atua a uma tensão de 5V e é capaz de rotacionar 180° em seu eixo.

Este atuador é formado pelos seguintes componentes: (a) circuito integrado: responsável pelo monitoramento do potenciômetro e acionamento do motor visando obter uma posição pré-determinada; (b) potenciômetro: ligado ao eixo de saída do servo, monitora a posição do mesmo; (c) motor: movimenta as engrenagens e o eixo principal; (d) engrenagens: reduzem a rotação do motor, transferem mais torque ao eixo principal de saída e movimentam o potenciômetro junto com o eixo; (e) caixa do servo: para acondicionar as diversas partes que o compõem e, (f) fios de alimentação, terra e de sinal PWM.

Dentre as plataformas para a prototipagem de SEs destaca-se, neste trabalho, a plataforma Arduino baseada em hardware e softwares livres, flexíveis e fáceis de usar [Banzi, 2011]. A prototipagem rápida, proporcionada pela plataforma, simplifica o processo de criação, testes e utilização de placas de circuito impresso e reduz complexidades de programação e eletrônica.

A placa Arduino pode interagir com o ambiente externo recebendo em suas entradas sinais provenientes, por exemplo, de softwares e disponibilizar valores resultantes de volta ao ambiente por meio de acionamento de atuadores. Existe uma variedade de modelos de Arduino sendo que para este trabalho foi escolhido o Arduino

Mega 2560 [Trentin, 2011] que contém a quantidade de pinos e memória suficientes para a implantação do dispositivo proposto.

Frente a outros modelos de microcontroladores e microprocessadores, o Arduino apresenta-se como uma solução de baixo custo, voltado para aplicações dedicadas que não necessitam de um alto poder de processamento, como é o caso deste projeto, além de oferecer uma facilidade de integração com sensores, atuadores e demais dispositivos mecânicos, analógicos e digitais.

3. Procedimentos Metodológicos

Metodologicamente, o desenvolvimento da solução proposta, denominada “Conversor Braille” envolve 3 etapas, conforme demonstra a Figura 2.

A etapa 1 compreende estudos e definições quanto aos recursos incorporados ao conversor proposto. Isto inclui compreender como os caracteres em braille são formados, quais são as técnicas computacionais que podem ser empregados para a conversão de caracteres digitais em caracteres em relevo e, ainda que ferramentas computacionais e componentes eletrônicos são viáveis para o desenvolvimento do dispositivo proposto.

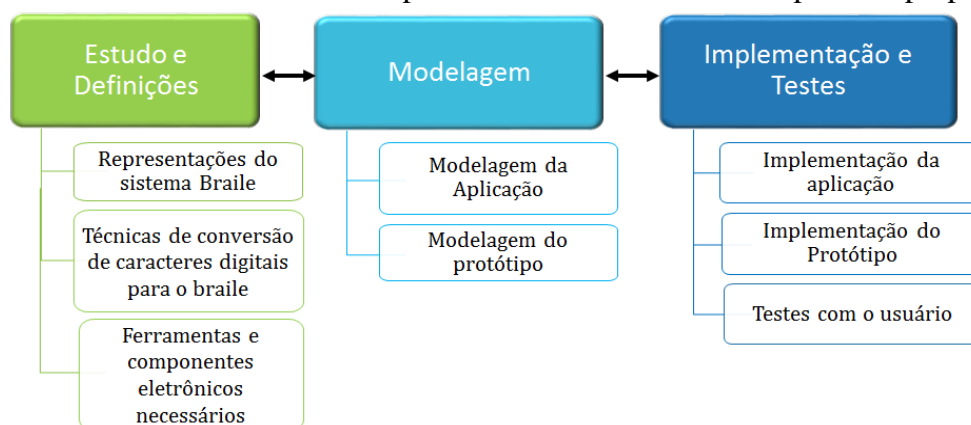


Figura 2. Procedimentos metodológicos

Nesta etapa, para assimilar os preceitos do sistema braille, foram realizados levantamentos bibliográficos e, sobretudo, foram mantidos contatos com educadores com conhecimento em braille. Esta ação permitiu não somente entender como os caracteres braille são representados, mas também possibilitou uma compreensão mais ampla sobre o processo de alfabetização de pessoas com deficiência visual, bem como das dificuldades existentes relacionadas ao uso de recursos tecnológicos para auxiliar este processo.

Uma vez compreendido como ocorre a representação de caracteres em braille foi desenvolvido um algoritmo que reconhece o caractere a ser mostrado e determina quais pinos devem ser ativados para que seja representado o caractere braille correspondente ao caractere digital. Para isso utilizou-se as relações propostas por Cassilo (2014) em que para cada conjunto de letras existe a relação do pino correspondente que deverá ser ativado para a representação do caractere braille. A partir disso, o algoritmo torna-se mais simples e rápido na conversão do digital ao braille. Um exemplo desta correspondência é apresentado na Tabela 1.

Ainda nesta etapa foram definidas as ferramentas computacionais e componentes eletrônicos a serem utilizados. Optou pela linguagem JAVA para implementação da aplicação em software visto que a mesma é multiplataforma e permite construir uma interface gráfica amigável para o usuário. Já, para a implementação da aplicação em hardware, foi definido a utilização da plataforma Arduino, que permite a prototipação rápida e simplifica o processo de criação, testes e utilização de placas de circuito impresso. A programação para Arduino é feita pela linguagem baseada em Wiring, que é derivada de C/C++. Esta linguagem é implementada em uma IDE própria que oferece suporte à Windows, Mac e Linux. Para este projeto foi escolhido o Arduino Uno, que é baseado no uso do micro controlador Atmega328, que possui 14 pinos digitais de entrada e saída e 6 pinos analógicos de entrada, memória de armazenamento de até 32KB, 16 Mhz de velocidade de processamento, 2Kb SRAM, e opera com voltagens de até 5V, apresentando assim os requisitos necessários que atendem as necessidades da aplicação.

Tabela 1. Correspondência entre letras e pinos a serem ativados

| Letras do Alfabeto | Pino a ser ativado |
|---|---------------------------|
| 'a','b','c','d','e','f','g','h','k','l','m','n','o','p','q','r','u','v','x','y','z' | Pino 1 |
| 'b','f','g','h','i','j','l','p','q','r','s','t','v','w' | Pino 2 |
| 'k','l','m','n','o','p','q','r','s','t','u','v','x','y','z' | Pino 3 |
| 'c','d','f','g','i','j','m','n','p','q','s','t','w','x','y' | Pino 4 |
| 'd','e','g','h','j','n','o','q','r','t','w','y','z' | Pino 5 |
| 'u','v','w','x','y','z' | Pino 6 |

Para realizar a comunicação entre a aplicação e o Arduino, é utilizada a linguagem de programação Python, que utiliza a biblioteca pySerial's para permitir a troca de dados entre a aplicação e o Arduino através de uma porta serial.

Como atuadores utilizou-se micro servos, comumente utilizados para pequenos projetos. Tais atuadores são pequenos o suficiente para permitir a confecção de um artefato com dimensões adequadas tanto para o manuseio quanto para o transporte. Além disso, possuem características que atendem as necessidades de implementação.

Uma vez levantados os requisitos e definidas as ferramentas computacionais/eletrônicas são realizadas as tarefas de modelagem, representadas na etapa 2, que envolve considerar as funcionalidades contempladas pela aplicação em software e os resultados esperados da aplicação em hardware. Por fim, a etapa 3 compreende as implementações envolvendo os resultados advindos das etapas anteriores.

Cabe mencionar que a metodologia adotada na concepção do artefato baseia-se na proposta de Savi (2015) que consistem em uma abordagem que requer não só que os designers prevejam como os usuários de um determinado produto irão utilizar uma interface, mas que também testem a validade de suas suposições com usuários reais. Assim, a disponibilização do protótipo para uso de usuários finais é uma tarefa muito importante no escopo da pesquisa, visto que permite avaliar o processo de concepção do dispositivo e promover ajustes, caso necessário.

Esta metodologia coloca os usuários em contato direto com o sistema através de técnicas baseadas em fatores humanos [Costa, 2013]. Segue-se orientações segundo o design Centrado no Usuário na busca apoiar o desenvolvimento de sistemas melhor utilizáveis e práticos através do foco nos usuários, suas necessidades e seus requisitos e pela aplicação de fatores humanos/ergonômicos de conhecimento e técnicas de usabilidade. Esta abordagem melhora a eficácia e eficiência, auxilia no bem estar humano, satisfação do usuário e sustentabilidade.

4. Protótipo Desenvolvido

O Conversor Braille é um dispositivo para apresentação em alto relevo de caracteres em braille. Para sua concepção faz-se necessário a disponibilização de uma aplicação computacional que permita a inserção de palavras e a conversão de cada caractere digital para o braille e, também, de uma estrutura mecânica/eletrônica capaz de formar caracteres em alto relevo.

No que se refere à aplicação, a mesma possibilita que pessoas sem deficiência visual possam auxiliar no processo de alfabetização em braille. Isso ocorre a partir da seguinte sequência de passos: (1) Usuário insere a palavra no software e (2) Usuário escolhe a forma de apresentação das letras (automático ou manual). A letra selecionada é enviada através da porta Serial para o Arduino que converte a letra para o caractere Braille e ativa os pinos na célula braille correspondentes ao caractere braille. A aplicação conta com duas formas de *display* das letras: (a) Na primeira delas, o software é configurado para que em um intervalo de tempo pré-definido ocorra a alternância das letras da palavra escolhida no conversor braille. Assim, de acordo com o tempo definido as letras irão automaticamente se formando, uma a uma, no conversor; (b) Na segunda forma, dita manual, o utilizador é que define o momento em que haverá alternância das letras.

Para interação com a aplicação foi projetada uma interface com base nos preceitos de usabilidade, ou seja, uma interface simples que provê facilidade de aprendizagem e de uso, gerando uma comunicação eficaz entre aplicação e usuário. A Figura 3 apresenta a interface principal do software desenvolvido.

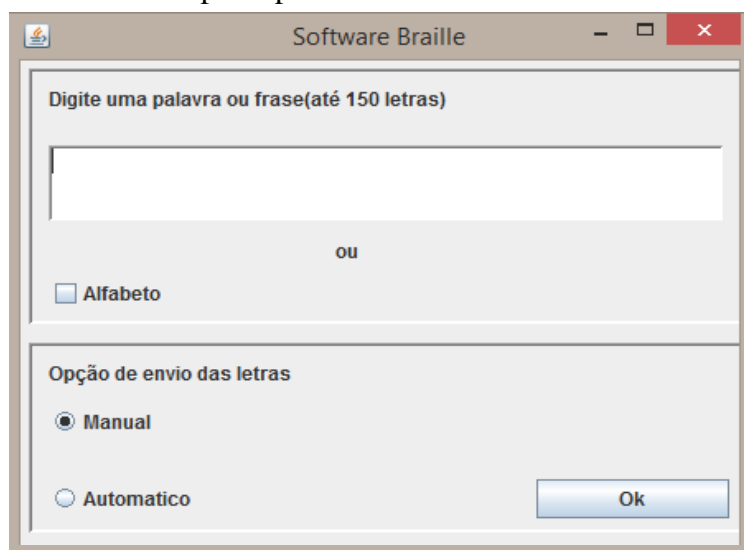


Figura 3. Interface principal do software desenvolvido.

Quanto à estrutura mecânica/eletrônica utilizou-se como atuador um micro servo. A comunicação entre o software e o hardware é feito por barramento USB. Os dados gerados pelo software são recebidos pelo Arduino e através desse barramento e são processados ocasionando o acionamento dos pinos. Um sinal de tensão correspondente ao ângulo em graus desejado é gerado na porta de saída do Arduino, sendo recebido pelo servo motor. Este, por sua vez, processa o sinal com o circuito integrado que possui, verifica a posição atual através do potenciômetro e liga o motor interno, fazendo girar as engrenagens até que o potenciômetro detecte a posição que antes fora recebida pelo sinal. Essa ação é muito rápida, leva em torno de 2 milissegundos, porém pode levar mais tempo, caso o ângulo atual for muito distante do desejado. A Figura 4, confeccionado com auxílio do software Fritzing, ilustra as conexões entre o Arduino e os micro servos.

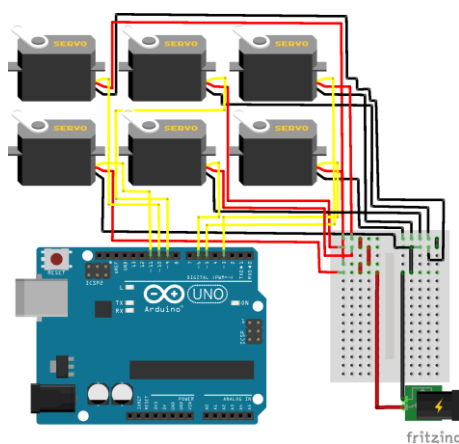


Figura 4. Esquema das conexões entre o Arduino e os micro servos.

Diante do alto custo para aquisição de uma célula braille optou-se pela sua produção de forma artesanal. Para tanto seu projeto foi executado no Solidworks e impresso em uma impressora 3D. A impressão compreende uma caixa onde estão localizados os componentes eletrônicos, bem como os pinos e suas guias.

A estrutura interna da caixa é composta por 6 micro servos, responsáveis por ativar os pontos da cela Braille. A Figura 5 apresenta o protótipo resultante depois da impressão.

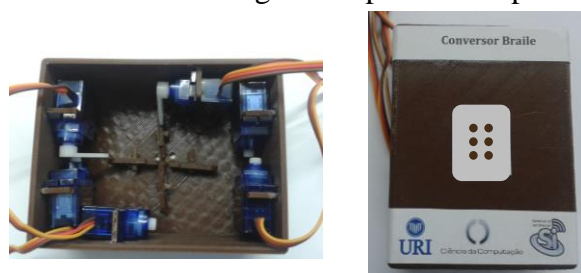


Figura 5. Vista interna e externa do conversor

Pode-se visualizar cada mecanismo interno, um para cada servo, que farão a manipulação da cela Braille. O material dessa caixa é o PLA (ácido polilático), um polímero biodegradável e bem resistente.

Finalizada a fase de prototipação, o artefato produzido passou por testes para avaliar tanto as funcionalidades da aplicação desenvolvida, quanto do dispositivo que forma a cela braille. Para isso contou-se com a participação de 2 usuários com

deficiência visual que apresentam-se em fase de alfabetização em braile, e um educador que atua no processo de alfabetização destes aprendizes. Este cenário é importante para verificar as diferentes percepções dos usuários quanto ao artefato produzido.

Para realização dos testes foram utilizadas as 26 letras minúsculas do alfabeto. Por meio da execução dos testes pôde-se verificar que o conversor braile desempenhou as funções esperadas que são: leitura de informações textuais a partir da aplicação desenvolvida, conversão dos sinais e apresentação das informações na célula braile. Além disso, constatou-se também que o tempo de apresentação ocorre segundo as configurações da aplicação quando o modo selecionado é o automático. Para a realização dos testes de tempo foram definidos intervalos entre 2 a 5 segundos.

Os três usuários que participaram da testagem, ao utilizarem o tato, identificaram de forma correta os caracteres em alto relevo formados pelo dispositivo, o que demonstra que os recursos empregados permitem uma adequada interação com o usuário. Ambos os usuários com deficiência concordam que a alteração automática das letras é a forma mais adequada, desde que o intervalo de tempo em que ocorra a alteração seja maior do que 2 segundos. Além disso, apontaram que a presença de alguma sinalização sonora que indique a alteração de caractere seria um recurso interessante para ser incorporado ao dispositivo. Quanto a aplicação, a educadora que participou dos testes apontou que a mesma é fácil de utilizar, não apresentando problemas de interação com a mesma.

5. Considerações Finais

Tratando-se do uso de tecnologias no processo de alfabetização de aprendizes com deficiência visual, apesar de ser uma alternativa com resultados promissores, a escassez de recursos ainda apresenta-se como um limitador. Mesmo com todas as discussões em torno da importância e benefícios providos pelo uso de artefatos tecnológicos para promover a autonomia e independência de pessoas cegas, ainda são poucos os produtos disponíveis e os que existem possuem um custo muitas vezes proibitivos para a maioria dos usuários.

Aliado a isso existem outras situações que devem ser consideradas, dentre as quais destaca-se a inclusão de aprendizes com deficiência na sala de aula do ensino regular que tem gerado angústias em muitos educadores que não receberam formação adequada para lidar com o público em questão. Além disso, há que se considerar situações em que genitores videntes podem ter filhos com deficiência visual e de, alguma forma, precisam participar do processo de ensino e aprendizagem de suas crianças.

Estes cenários impulsionaram o desenvolvimento deste projeto que teve como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo que possibilite que pessoas que desconhecem o sistema braile possam ajudar no processo de alfabetização de pessoas cegas. O artefato concebido possui uma aplicação de alto nível que provê uma interface de simples utilização, atrelado a um dispositivo que forma caracteres em alto relevo.

Os testes realizados contaram com a participação de usuários finais e resultaram em avaliações positivas com relação ao funcionamento do Conversor. Além disso,

permitiu que a definição de trabalhos futuros com vistas a melhorar a usabilidade da aplicação.

Cabe destacar também que a existência de trabalhos similares ao proposto neste artigo não inviabiliza a pesquisa realizada, pois acredita-se que trabalhos neste escopo podem promover melhorias contínuas nos processos e produtos, visto que testam diferentes tecnologias que podem ser empregadas para o mesmo fim com um custo mais acessível para o usuário final.

Por fim, acredita-se que este projeto contribui para o que atualmente apresenta-se como um grande desafio - a disseminação do conhecimento para todos, possuam eles ou não algum tipo de deficiência ou limitação.

Referências Bibliográficas

Banzi, Massimo (2011). Getting Started with Arduino. 2ª Edição. Maker Media Inc. 128

Canejo, E. (2005). Introdução ao Sistema Braille. Fundação de Apoio à Escola Técnica. Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação. Governo do Estado do Rio de Janeiro.

Cassilo, Leonardo; Casillo, Danielle; Lima, Maurício S. Desenvolvimento de uma célula braille de baixo custo. Anais do XX Congresso Brasileiro de Automática. Belo Horizonte, p. 3986-3991, 2014.

Costa, Antonio Pedro, “Contributos para o Desenvolvimento de Software Educativo tendo por Base Processos Centrados no Utilizador”. Portugal, 2013. Disponível em: <http://www.gente.eti.br/revistas/index.php>. Acesso em 20 de setembro de 2014.

GESTA-MP – Grupo de Estudos Sociais, Tiflológico e Associativos (2013). Dimensão da Célula Braille. Disponível em: <http://www.gesta.org/braille/dimensao.html>. Acesso em: 17 mar.2014

Laplane, A.L.F. de; Batista, C. G. Ver, não ver e aprender: A participação de crianças com baixa visão e cegueira na escola. Cad. Cedes, Campinas, v.28, n.75, p.209-227, mai/ago, 2008.

Lima, Éwelyn Inácia; Costa, Jaqueline Batista; Klebis, Augusta. O processo e alfabetização em braille da criança com deficiência visual. Colloquium Humanarum, v.10, n. Especial, Jul-Dez, 2013, p.1114-1122. ISSN: 1809-8207. DOI: 10.5447/ch.2013.v10.nesp.000565.

Mosquera, C.F.F. Deficiência Visual na escola inclusiva. Curitiba: Ibplex, 2010.

Savi, Rafael, Souza, Caroline Battistello Cavalheiro de. “Design Centrado no Usuário e o Projeto de Soluções Educacionais”. Florianópolis, 2015.

Trentin, P. (2011). Data-Logger SD/MMC com Arduino. Arduino e Eletrônica. Disponível em: <http://www.paulotrentin.com.br/eletronica>. Acesso em 10 de janeiro de 2015.