

Computação Embarcada e sua Aplicabilidade na Concepção de um Dispositivo para Leitura Perceptivo Tátil

Cristina Paludo Santos, Alexandre dos Santos Roque, Gustavo Teixeira,
Emmanuel Zago

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

paludo@santoangelo.uri.br, roque@santoangelo.uri.br, iwhrim@gmail.com,
zagome@hotmail.com

Abstract. *This paper presents an embedded system called Braille Converter that allows tactile reading in Braille. The device consists of a software that implements a technique for representing letters of the alphabet in Braille and also by a hardware that includes the Arduino prototyping platform and micro servos that were the basis for the design of the Braille cell. To validate the techniques used were carried out tests involving visually impaired users and expert users in the Braille system. The tests show satisfactory results in terms of effectiveness, usability and accessibility. As main contribution of this work is the provision of an alternative computational resource that allows the individual visually impaired to use a tactile perceptive reading system as a way to grasp the knowledge.*

Resumo. *Este artigo apresenta um sistema embarcado, denominado Conversor Braile, que permite a leitura tátil em braile. O artefato é composto por um software que implementa uma técnica para a representação das letras do alfabeto em braile e, também, por um hardware, que contempla a plataforma de prototipagem Arduino e micro servos, que foram a base para a montagem da célula braile. Para validação das técnicas utilizadas foram realizados testes envolvendo usuários com deficiência visual e usuários especialistas no sistema braile. Os testes demonstraram resultados satisfatórios em termos de efetividade, usabilidade e acessibilidade. Como principal contribuição deste trabalho destaca-se a disponibilização de um recurso computacional alternativo que permite ao indivíduo com deficiência visual fazer uso de um sistema de leitura perceptivo tátil como forma de assimilar o conhecimento.*

1. Introdução

Novas realidades e paradigmas emergem na contemporaneidade, impulsionando o surgimento de uma sociedade mais permeável à diversidade que questiona seus mecanismos de segregação e vislumbra novos caminhos de inclusão da pessoa com deficiência [Filho 2009]. Este fato, em consonância com a apropriação dos acelerados avanços tecnológicos disponíveis na atualidade, tem fomentado pesquisas em diversas áreas do conhecimento relacionadas às novas concepções e possibilidades que emergem para o desenvolvimento de Tecnologias Assistivas.

Imerso neste cenário, o Centro de Tecnologias Assistivas promove pesquisas que suscitam a inter e transdisciplinaridade em busca da sistematização e concepção de produtos que favoreçam os usuários com deficiência em sua autonomia e independência. Tais pesquisas envolvem diversas linhas de interesse que incluem a interação e comunicação; mobilidade e orientação; manuseio de objetos e manipulação; dentre outros. Neste artigo destaca-se o processo de desenvolvimento do Conversor Braile, um sistema embarcado que provê recursos para apoiar pessoas no aprendizado do sistema braile.

Dentre as questões e problemas que estimularam as pesquisas em relação ao Conversor, destacam-se: (a) Que recursos tecnológicos podem prover subsídios para que pais videntes que desconhecem o sistema braile auxiliem seu filho cego na aprendizagem desse método? (b) Que artefato pode ser concebido para auxiliar o desenvolvimento das habilidades de leitura de pessoas com deficiência visual? As discussões levantadas a partir de tais questões, juntamente com os apontados de Cassilo (2014), que enfatiza o uso das tecnologias como um caminho com inúmeras possibilidades no processo educacional de pessoas com deficiência visual, resultaram na proposta do Conversor Braile.

Algumas iniciativas já existem neste sentido como, por exemplo, o AbcNum Braile Fácil [Aquino et al 2015], que tem como objetivo auxiliar na aprendizagem do alfabeto braile para pessoas com baixa visão, por meio de dispositivos móveis *touchscreen*. Já o Braille Guide [Google Play 2015], é uma aplicação simples para as pessoas que querem aprender braile em que o usuário pode escolher entre várias operações, como por exemplo, interagir com a cela braile, ver a lista de caracteres e realizar exercícios de escrita com algumas palavras, além de poder traduzir o alfabeto escrito em caracteres para o braile. Esta aplicação difere do objetivo do trabalho proposto, visto que não dispõem de recursos de acessibilidade tátil e o foco não são as pessoas com deficiência visual.

É importante mencionar que o Conversor caracteriza-se com uma solução computacional de apoio que não está vinculada a metodologias de ensino específicas, ou seja, a tecnologia não caracteriza-se como um método de ensino e nem tampouco exige uma metodologia de ensino própria para seu uso. A ideia principal é de oferecer um recurso tecnológico que permita ao usuário cego exercitar seus conhecimentos durante a aprendizagem do sistema braile. Neste processo considera-se também a presença de pessoas videntes que podem fazer uso do Conversor para auxiliar a pessoa com deficiência na apropriação deste sistema. Sendo assim, como principal contribuição deste trabalho, destaca-se a disponibilização de um recurso alternativo que permite ao indivíduo com deficiência visual fazer uso de um sistema de leitura perceptivo tátil como forma de apreender o conhecimento.

Uma visão geral do artefato proposto é apresentada nas seções subsequentes, estruturadas da seguinte forma: a seção 2 apresenta uma visão geral dos procedimentos metodológicos adotados para a concepção do artefato; a seção 3 apresenta os aspectos técnicos considerados no desenvolvimento do protótipo; a seção 4 descreve os testes realizados até o presente momento, bem como os apontamentos relevantes considerados para a concepção de novas versões do sistema e, por fim, a seção 5 apresentam as considerações finais.

2. Procedimentos Metodológicos

Sedimentado em uma abordagem pragmática, a pesquisa acerca-se do efeito prático e benéfico que a concepção de um artefato tecnológico possa ser capaz de gerar para a solução de problemas. Essa abordagem possibilita dimensionar o uso de tecnologias emergentes no processo de desenvolvimento de novos artefatos de cunho assistivo.

No escopo do presente trabalho, o desenvolvimento da solução proposta envolve diferentes etapas conforme demonstra a Figura 1. A etapa 1 compreende estudos e definições quanto aos recursos incorporados ao conversor proposto. Isto inclui compreender como os caracteres em braile são formados, quais são as técnicas computacionais que podem ser empregados para a conversão de caracteres digitais em caracteres em relevo, e ainda quais ferramentas computacionais e componentes eletrônicos são viáveis para o desenvolvimento do dispositivo proposto.

Nesta etapa, para assimilar os preceitos do sistema braile, foram realizados levantamentos bibliográficos [Gespa 2013] e, sobretudo, foram mantidos contatos com educadores que possuíam conhecimento em braile. Esta ação permitiu não somente entender como os caracteres braile 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.

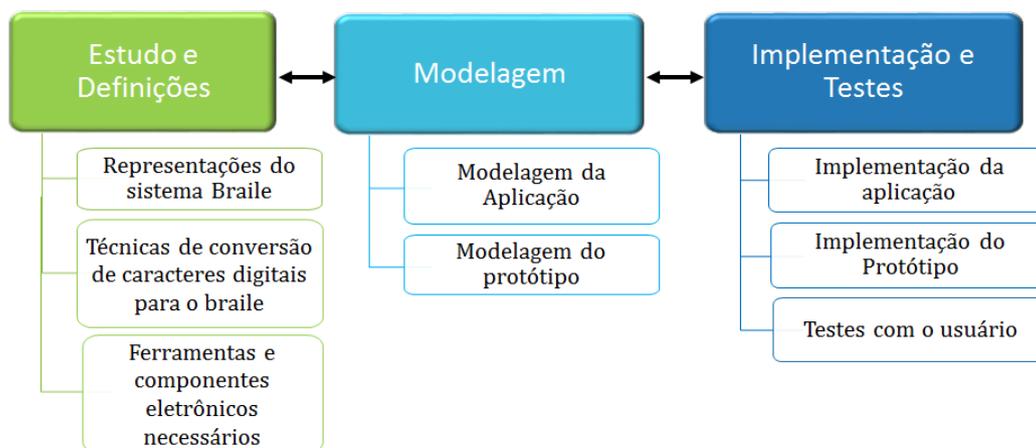


Figura 1. Procedimentos metodológicos

Uma vez compreendido como ocorre a representação de caracteres em braile, foi desenvolvido um algoritmo que reconhece o caractere a ser mostrado e determina quais pinos devem ser ativados, no protótipo físico, para que seja representado o caractere braile correspondente ao caractere digital. Para isso, utilizou-se as relações propostas por Cassilo (2014), no qual cada conjunto de letras possui a relação do pino correspondente que deverá ser ativado para a representação do caractere braile. A partir disso, o algoritmo torna-se mais simples e rápido na conversão do digital para o braile. Um exemplo desta correspondência é apresentado na Tabela 1.

Ainda nesta etapa foram definidas as ferramentas computacionais e componentes eletrônicos a serem utilizados. Optou-se 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. 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 [Banzi 2011]. 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 Mega 2560 [Trentin 2011], que contém a quantidade de pinos e memória suficientes para a implantação do dispositivo proposto.

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 foram utilizados micro servos, comumente empregados em 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, foram realizadas as tarefas de modelagem, representadas pela etapa 2, que envolveram considerar as funcionalidades contempladas pela aplicação em software e os resultados esperados da aplicação em hardware. Por fim, a etapa 3 compreendeu as implementações envolvendo os resultados advindos das etapas anteriores.

Cabe mencionar que a metodologia adotada na concepção do artefato baseia-se nas propostas 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]. Para tanto, seguem-se as orientações do Design Centrado no Usuário, com vistas ao desenvolvimento de sistemas utilizáveis e práticos, com foco nos usuários, nas suas necessidades e seus requisitos em

em fatores ergonômicos, além dos aspectos de usabilidade. Esta abordagem melhora a eficácia e eficiência, auxilia no bem estar humano e na satisfação do usuário.

3. Protótipo Desenvolvido

O Conversor Braile é um dispositivo para apresentação em alto relevo de caracteres em braile. 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 braile 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 braile. Isso ocorre a partir da seguinte sequência de passos: (1) Usuário opta por digitar uma palavra ou frase, ou utilizar o alfabeto e, em seguida, (2) o usuário escolhe a forma de envio das letras (automático ou manual). A letra selecionada é enviada através da porta Serial para o Arduino, que converte a letra para o caractere braile e ativa os pinos, na célula, correspondentes aquele caractere. A aplicação conta com duas formas de *display* das letras. 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 Braile. Assim, de acordo com o tempo definido, as letras irão automaticamente se formando, uma a uma, no conversor. Na segunda forma, dita manual, o utilizador é que define o momento em que haverá alternância das letras. Independente da escolha, haverá um tempo mínimo de 2 segundos para o envio dos dados do computador para o Arduino.

Para a 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 2 apresenta a interface principal do software desenvolvido.

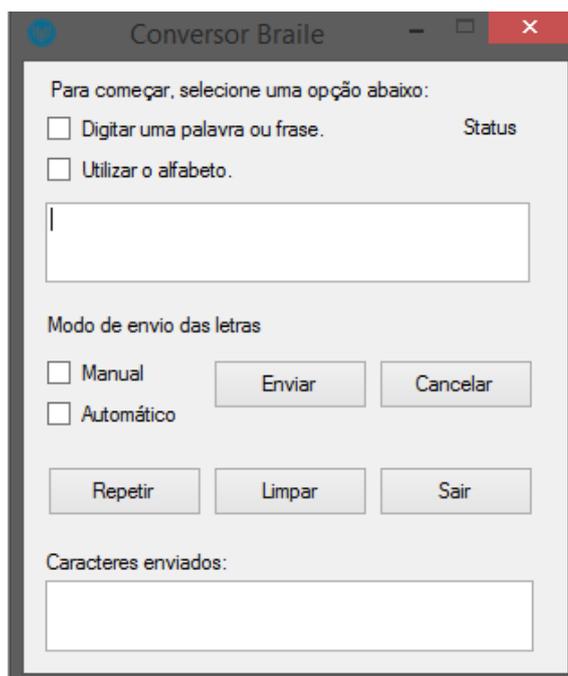


Figura 2. Interface principal do software desenvolvido.

Quanto à estrutura mecânica/eletrônica utilizou-se como atuador micro servos, comumente utilizados para pequenos projetos e que possuem um valor acessível. O modelo utilizado foi o “Tower Pro - SG90”, que atua a uma tensão de 5V e é capaz de rotacionar 180° em seu eixo.

A comunicação entre o software e o hardware é feito por barramento USB. Os dados gerados pelo software são recebidos pelo Arduino, através desse barramento, e então processados, resultando no acionamento de pinos da seguinte forma: 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.

Diante do alto custo para aquisição de uma célula braile, optou-se pela sua produção de forma artesanal. Para tanto, o projeto foi executado no *Solidworks* e impresso em uma impressora 3D. A impressão compreende uma caixa onde são instalados 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 célula Braile. O material utilizado é o PLA (ácido polilático), um polímero biodegradável e bem resistente. A Figura 3(a), confeccionada com auxílio do software Fritzing, ilustra as conexões entre o Arduino e os micro servos. A Figura 3(b) apresenta a estrutura interna e a Figura 3(c) apresenta a estrutura externa do Conversor.

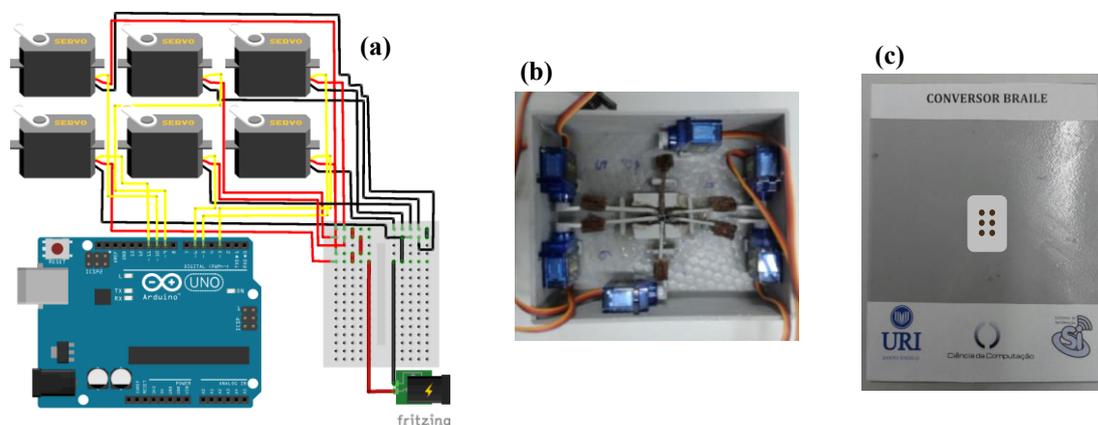


Figura 3. Projeto do Conversor Braile

Finalizada a fase de prototipação e diante do estabelecimento da proposta, destaca-se o papel fundamental e indispensável que aprendizes e educadores assumem na avaliação do dispositivo. 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 com conhecimento em braile que atua no processo de alfabetização desses aprendizes. Esse cenário é importante para verificar as diferentes percepções dos usuários quanto ao artefato produzido, e também para estabelecer novos parâmetros para a continuidade das ações propostas.

4. Resultados Obtidos

O artefato produzido passou por testes de validabilidade, com vistas a avaliar se a aplicação e o dispositivo executam as funções para as quais foram projetados. Para a realização dos testes foram utilizadas as 26 letras do alfabeto. Por meio da execução dos testes pôde-se verificar que o Conversor desempenhou as funções esperadas, que são: a 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. A Figura 4 apresenta os registros dos testes realizados.

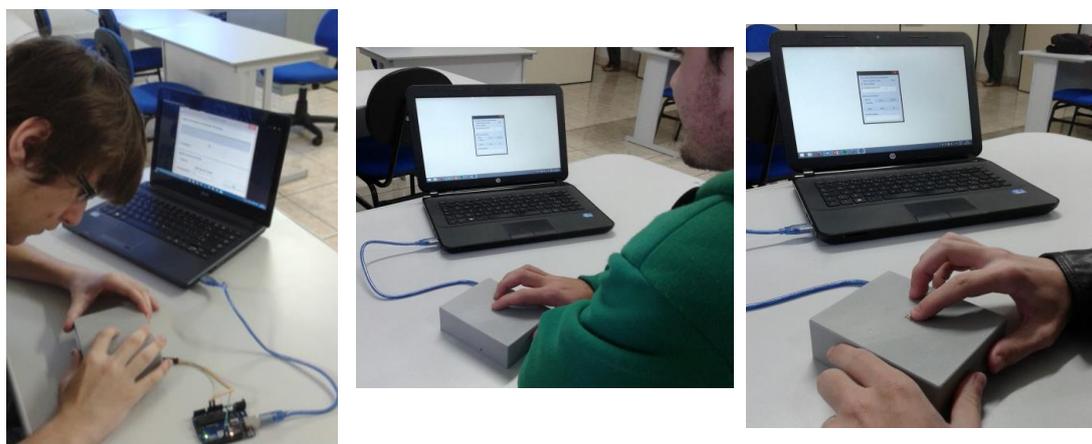


Figura 4. Testes realizados com o Conversor Braile

Os três usuários que participaram dos testes, ao utilizarem o tato, identificaram de forma efetiva os caracteres em alto relevo formados pelo dispositivo, o que demonstra que a aplicação executa corretamente a conversão do texto, fornecido pelo usuário, para o seu caractere braile correspondente, e que os recursos empregados na concepção do dispositivo permitem uma adequada interação com o usuário. Ambos os usuários com deficiência concordam que a alteração automática das letras é a forma mais adequada para o aprendizado, desde que o intervalo de tempo que ocorre na alteração seja maior do que 3 segundos.

Quanto a aplicação, a educadora que participou dos testes apontou que a mesma é fácil de utilizar, não apresentando problemas de usabilidade. Além disso, aponta que em termos pedagógicos o dispositivo apresenta-se como um importante recurso de apoio, pois “permite que o aluno o utilize no ambiente doméstico e que possa treinar o braile sem a presença do professor” (I.M.P, 37 anos).

Alguns apontamentos dos avaliadores foram essenciais para a promoção de melhorias no dispositivo. Dentre os quais destacam-se: (a) inclusão de sinalização sonora indicando a alteração de caractere; (b) possibilidade de configuração do tempo de alteração dos caracteres, permitindo que cada usuário defina o intervalo que melhor lhe convém e, por último, (c) a possibilidade de ativação de recursos de acessibilidade na aplicação, permitindo a interação também por parte de usuários com limitação visual. Tais recursos estão sendo desenvolvidos e incorporados na nova versão do dispositivo.

Uma vez realizados os ajustes necessários, o dispositivo deverá ser avaliado novamente por um número maior de indivíduos incluindo pais e cuidadores com pouca

familiaridade no uso de computadores. Além disso, as avaliações deverão envolver outros fatores de qualidade, como legibilidade (avalia a possibilidade de diferentes pessoas entenderem a aplicação); manipulabilidade (avalia a possibilidade de diferentes pessoas manipularem a aplicação com facilidade); utilizabilidade (avalia a conveniência e a viabilidade de sua utilização ao longo do tempo) e, fidedignidade (avalia a correspondência da aplicação com às necessidades identificadas), conforme proposto por Vieira (2015).

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 relação aos 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 à isso, existem outras situações que devem ser consideradas, como a inclusão de aprendizes com deficiência na sala de aula do ensino regular, que gera angústias em muitos educadores que não receberam formação adequada para lidar com o público em questão e, a existência de genitores videntes que podem ter filhos com deficiência visual e, de alguma forma, precisam participar do processo de ensino e aprendizagem de suas crianças. Assim, acredita-se que quaisquer que sejam os métodos e/ou materiais propostos adotados, desde que respeitem as necessidades de compreensão da natureza perceptivo-tátil e não visual adotada no ensino de crianças deficientes visuais, podem ser usados com o intuito de prover facilidades e ampliar as potencialidades do processo de aprendizagem.

Desta forma, a proposta do Conversor Braille relaciona-se estreitamente com os pressupostos de Mosquera (2010), que enfatizam a importância de procedimentos e recursos especializados no apoio ao processo de aprendizagem de pessoas com deficiência visual. 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 [Mosquera 2010].

Estes cenários impulsionaram o desenvolvimento do Conversor, que caracteriza-se com uma proposta inclusiva que não está vinculada a metodologias de ensino específicas, ou seja, a tecnologia não caracteriza-se como um método de ensino e nem tampouco exige uma metodologia de ensino própria para seu uso. Assim, o objetivo almejado no desenvolvimento do dispositivo foi possibilitar que pessoas que desconhecem o sistema braille 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 com e sem deficiência visual e resultaram em avaliações positivas com relação ao funcionamento do Conversor. Além disso, permitiu a definição de trabalhos futuros com vistas a melhorar aspectos de usabilidade e acessibilidade 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, independentemente da característica de possuir ou não algum tipo de deficiência ou limitação.

Referências Bibliográficas

- Aquino, W. R.; Félix, Z. C.; Almeida, I. R. de; Belo, Í. C. de S. (2015) AbcNUM Braille: proposta de um aplicativo para auxiliar no aprendizado do alfabeto braille para pessoas com baixa visão. Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na educação.
- Banzi, M. (2011). Getting started with Arduino. 2ª edição. Maker media inc.
- Cassilo, L.; Cassilo, D.; Lima, M. S. (2014) Desenvolvimento de uma célula braille de baixo custo. Anais do XX Congresso Brasileiro de Automática. Belo horizonte, p. 3986-3991.
- Costa, A. P. (2014) 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.
- Filho, T. A. G. (2009) A tecnologia assistiva: de que se trata? In: Machado, G. J. C.; Sobral, M. N. (orgs.). Conexões: educação, comunicação, inclusão e interculturalidade. 1 ed. Porto Alegre: Redes Editora, p. 207-235.
- 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.2015
- Google play. (2015) Braille guide. Disponível em < https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fiskur.braille&hl=pt_br>. Acesso em: 15 de janeiro de 2015
- Mosquera, C.F.F. (2010) Deficiência visual na escola inclusiva. Curitiba: IBPEX.
- Savi, R. Souza. (2015) “Design centrado no usuário e o projeto de soluções educacionais”. Florianópolis.
- 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.
- Vieira, Fábila Magali Santos. (2015) Avaliação de software educativo: reflexões para uma análise criteriosa. Disponível em: www.edutec.net/edmagali2.htm. Acesso em: 11 abr. 2015.