

Sistema para Impressão de Textos em Braille

Alejandro Garcia Ramirez^{1,2}, Anita Maria da Rocha Fernandes^{1,2}, Guilherme Pasini²

¹Mestrado em Computação Aplicada - UNIVALI

²Curso de Engenharia de Computação – UNIVALI – Campus São José

{ramirez,anita.fernandes}@univali.br, gpasini@gmail.com

Abstract. *This paper describes a system designed for printing in Braille. The system is based on an ARM processor and a printhead, designed for this purpose. The system is innovative and has the distinction of the mechanical system to print characters. The user interface with visual impairment is performed by Easy Braille software, which is a free national development. The system validation was performed at an association focus on blind people - ACIC, showing an encouraging result and noting is the improvements needed in order to contribute to the achievement of a national prototype that could in future be used in schools and special education institutions.*

Resumo. *Neste artigo é descrito um sistema desenvolvido para a impressão em Braille. O sistema é baseado em um processador ARM e um cabeçote de impressão, projetado para tal fim. O sistema é inovador e tem como diferencial o sistema mecânico de impressão dos caracteres. A interface com o usuário com deficiência visual é realizada através do software Braille Fácil, que é um desenvolvimento nacional gratuito. A validação do sistema foi realizada na ACIC, mostrando um resultado alentador e constatando-se as melhoras necessárias no intuito de contribuir na obtenção de um protótipo nacional que futuramente poderia ser usado em escolas e instituições de educação especial.*

1. Introdução

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e estatística [IBGE 2010], estima-se que a população de pessoas com alguma dificuldade visual seja de mais de 6 milhões, e as pessoas incapazes de enxergar ou que tenham grande dificuldade permanente de enxergar sejam mais de 582 mil. Embora hoje exista no mundo diversos projetos voltados para usuários com dificuldades visuais, no Brasil ainda não são expressivos os projetos desenvolvidos voltados para esse público, apesar haver um percentual razoável de indivíduos com deficiência visual.

Como exemplo tem-se as impressoras Braille. Embora altamente necessários para a população cega, este tipo de equipamento continua sendo importado, com valores extremamente elevados, acima de 20.000,00 reais. As impressoras Braille representam um verdadeiro desafio tecnológico e os modelos existentes possuem diversos recursos modernos, tais como sintetizadores voz. Além disso, combinam a impressão de textos e gráficos em uma mesma folha, dentre outros recursos [Cook e Polgar 2007]. Cabe

destacar que a impressão Braille pode ser feita em qualquer tipo de papel, pois o usuário pode ajustar o relevo de acordo com a sua necessidade. Dentre as aplicações mais comuns da impressão em Braille, encontram-se os livros e cartazes. Mas, em particular, as edições de livros em Braille no Brasil não são significativas.

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema voltado para a impressão em Braille. O sistema utiliza como base uma impressora HP de jato de tinta, a qual foi adaptada para a impressão em Braille. O sistema, através de um processador ARM, comunica-se com um software de edição de textos nacional, codificando e imprimindo o texto na tela do PC para o Braille.

2. O Sistema Braille

Em 1823, Charles Barbier visitou o Instituto Nacional para Jovens Cegos de Paris para apresentar seu método de leitura e escrita. Na platéia da apresentação se encontrava Louis Braille que se interessou muito pelo método.

Pouco tempo depois, Louis Braille apresentou a Charles Barbier sugestões de mudanças com o objetivo de aperfeiçoar o método. Charles Barbier se recusou a fazer quaisquer alterações no seu sistema. Sendo assim, Louis Braille modificou o sistema de escrita de Charles Barbier e criou o sistema de escrita e leitura para cegos que é utilizado até os dias de hoje [Lerparaver 2009].

O Sistema Braille foi o método criado no século XIX para possibilitar a leitura e a escrita dos deficientes visuais, sendo destinado àqueles que não têm nenhum resíduo visual (cegos), pois, aqueles cuja visão é subnormal podem suprir sua deficiência através de instrumentos que possibilitam a ampliação de textos, bem como, através de materiais especializados que proporcionam a escrita em letras gigantes [Santos 2008].

É um sistema baseado em símbolos formados por seis pontos. Àqueles que estiverem destacados em relevo, representarão uma letra ou signo em caracteres visuais. A representação em Braille permite 64 combinações de pontos, sendo insuficientes para toda a variedade de letras, símbolos e números de cada idioma. A Figura 1 apresenta como é escrita uma palavra em Braille. É importante destacar que o Braille não é um idioma, mas, um código. Para tanto, as particularidades e a sintaxe são as mesmas dos caracteres visuais. O sistema é explorado por meio do tato [McLaughlin et. al 2002].

A Figura 2 apresenta o alfabeto brasileiro e os números em Braille. Para auxiliar na compreensão da Grafia da Língua Portuguesa em Braille, o Ministério da Educação, através de sua Secretaria de Educação Especial, lançou em 2002 um guia para a Grafia em Braille da Língua Portuguesa¹.

¹http://www.socepel.com.br/_arquivos/LIVRO_SOBRE_INCLUSAO/Grafia-Braille-para-Lingua-Portuguesa-WEB.pdf



Figura 1. Exemplos de caracteres textuais e sua representação em Braille.
 Fonte: Altrimage (2016)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
X	Y	Z	Ç	É	Á	È	Ú	Â	Ê	W
Ì	Ô	Û	À	Î	Ü	Ö	,	;	:	.
?	!	()	""	¡	Ã	Ó	grifo	- Sinal de maiuscula	Sinal de número	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Figura 2. Representação do alfabeto brasileiro e os números em Braille.

Cabe destacar que desde a sua criação, o sistema Braille não teve nenhuma modificação na sua estrutura básica. Ele teve sim uma longa trajetória para ser implantado em todos os países do mundo. A sua difusão se deve principalmente aos esforços das missões religiosas no oriente e ao notável empenho da UNESCO, para a divulgação e unificação do Braille [Sonza 2004].

Um cego consegue ler com os dedos, em média, o dobro dos textos que os videntes conseguem ler com os olhos, tornando este sistema muito eficiente. Assim, a representação em Braille possui vantagens sobre outras soluções tecnológicas [Olson e Deruyter 2001]. O Braille é extremamente importante para a alfabetização de crianças

cegas e é importante não apenas para a leitura de livros, mas também para a identificação de placas e lugares [Wiener et. al 2010].

Para imprimir ou ler os caracteres em Braille podem ser encontrados diversos dispositivos no mercado. O mais simples é uma lousa com uma régua perfurada onde, com o auxílio de um estilete, é possível produzir os pontos em relevo (Figura 3). Existe também uma máquina de escrever especial, conhecida como máquina Perkins (Figura 4), similar a uma máquina de escrever antiga, e também sua versão mais moderna, conhecida como Braille Falado (Figura 5), que pode ser ligado ao computador [Presley 2008].



Destacam-se também as impressoras Braille, as quais produzem em papel os relevos desejados e os displays Braille. Estes últimos permitem ler linhas de textos no computador pessoal com auxílio de uma régua formada por 12 (e até 80) celas Braille, dispostas em linha.

Em relação aos sistemas de impressão, são empregados comumente dispositivos eletromecânicos [Supriya e Senthilkumar 2009].

Cabe destacar que o MEC possui um programa de universalização do livro acessível na educação e um programa de livros em Braille, para atender alunos cegos e outro com caracteres ampliados, para alunos com baixa visão. Em particular, a portaria do MEC no. 3.284 de 2013 define os requisitos de acessibilidade de pessoas com deficiência visual, dentre eles, o Braille falado, scanners Braille e as impressoras Braille.

Dentre as soluções nacionais voltadas para a deficiência visual destacam o sistema DOSVOX⁵⁾, o projeto DEDINHO⁶⁾ e a BookCase Multimídia Educacional⁷⁾.

²⁾ <http://braillebug.afb.org/>

³⁾ <http://www.civiam.com.br/blog/765/>

⁴⁾ http://www.oocities.org/to_usp.geo/tecnassist/visao.html

⁵⁾ <http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/>

⁶⁾

https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiL4Oqsuq_OAhWHIpAKHTg2BhYQFggzMAY&url=http%3A%2F%2Fintervox.nce.ufrj.br%2Fdosvox%2Ftextos%2Fdedinho.doc&usg=AFQjCNF7z_NXvlu5bfsZpMYCLpYGeEEI2Q

Porém, do ponto de vista da impressão em Braille, destaca-se a necessidade crescente de documentos impressos, tais como livros e apostilas, a qual não é plenamente atendida pelos equipamentos atualmente disponíveis.

Constata-se também a ausência de uma solução nacional para a impressão em Braille, como pode ser constatado, por exemplo, no catálogo de produtos de Tecnologia Assistiva do MEC [MEC 2016].

3. Materiais e Métodos

Na primeira etapa do projeto, rascunhou-se de maneira informal vários sistemas mecânicos que poderiam ser empregados no projeto. Desta forma, foi possível fazer uma prévia avaliação de um contexto bastante amplo do que poderia ser utilizado como linha de conceito para ser aplicada dentro do melhor custo/benefício/tempo. Também se avaliou a questão da aplicabilidade do projeto, funcionalidade simples e eficiente, e sua confecção e reprodução facilitadas.

Uma vez definida qual linha a seguir quanto ao sistema mecânico, seguiu-se o refino das propostas em relação a detalhamento técnico. Com isso, foi possível avaliar com mais precisão a sua viabilização construtiva. Este refinamento foi realizado através de modelagens (virtual ou digital) 3D da proposta, o que permitiu realizar simulações da parte mecânica (Figura 6).

A síntese do sistema de impressão foi materializada com servomotores PWM ou Modulação por Largura de Pulso [Braga 2001], os quais permitiram a realização dos movimentos das agulhas de aço inoxidável, materializando o relevo dos pontos no papel. Uma vez definida a proposta do conceito, foi dado início a construção do protótipo e foram realizados testes de funcionamento.

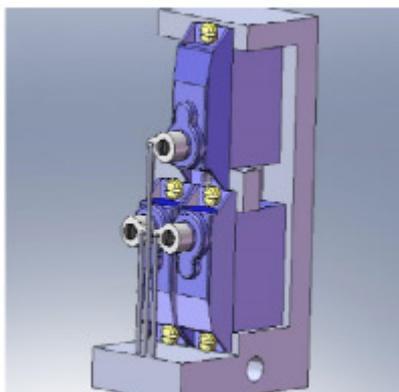


Figura 6. Modelo virtual do sistema de impressão em Braille.

Foi utilizada a carcaça de uma impressora HP de jato de tinta, modelo Deskjet 610C, a fim de servir como base para o cabeçote de impressão. Como o processo de impressão através de jato de tinta apresenta bastante diferença entre o processo de impressão matricial, como é o caso da impressão em Braille, foram necessárias diversas modificações na impressora.

⁷ <http://www.multimidiaeducacional.com.br/solucoes>

Dentre as principais modificações pode-se citar a retirada dos cartuchos de tinta, para fixar o cabeçote de impressão, aproveitando a estrutura existente para o suporte dos cartuchos. Também, como as dimensões do cabeçote de impressão ficaram maiores do que as dimensões dos cartuchos de tinta, foram retiradas todas as peças desnecessárias para o funcionamento da impressão em Braille, tal como um motor localizado do lado direito da mesma, acoplado a um sistema responsável por realizar a limpeza dos cartuchos de impressão.

Por outro lado, para apoiar o papel de impressão, foi fabricada uma peça em aço inoxidável revestida com uma borracha de 3 mm de espessura, com a finalidade de permitir que as agulhas pudessem imprimir o relevo desejado na folha de papel, sem furá-la.

Devido ao fato de não haver contato direto entre o cartucho de tinta e o papel no processo de impressão por jato de tinta, a impressora utilizada possuía apenas um encosto para posicionar os cartuchos de tinta, assim, ao pressionar as agulhas contra o papel, o cabeçote iria se deslocar para cima. Portanto, foi necessário fabricar uma guia para impedir esse movimento.

Cabe destacar que nesta fase de desenvolvimento não se buscou conter todas as funcionalidades de uma impressora, tais como alimentação do papel, verificação de erros e outras, mas apresentar características que a levem a uma utilidade prática para a impressão em Braille.

3.1. O Sistema Desenvolvido

A Figura 7 apresenta o sistema desenvolvido.

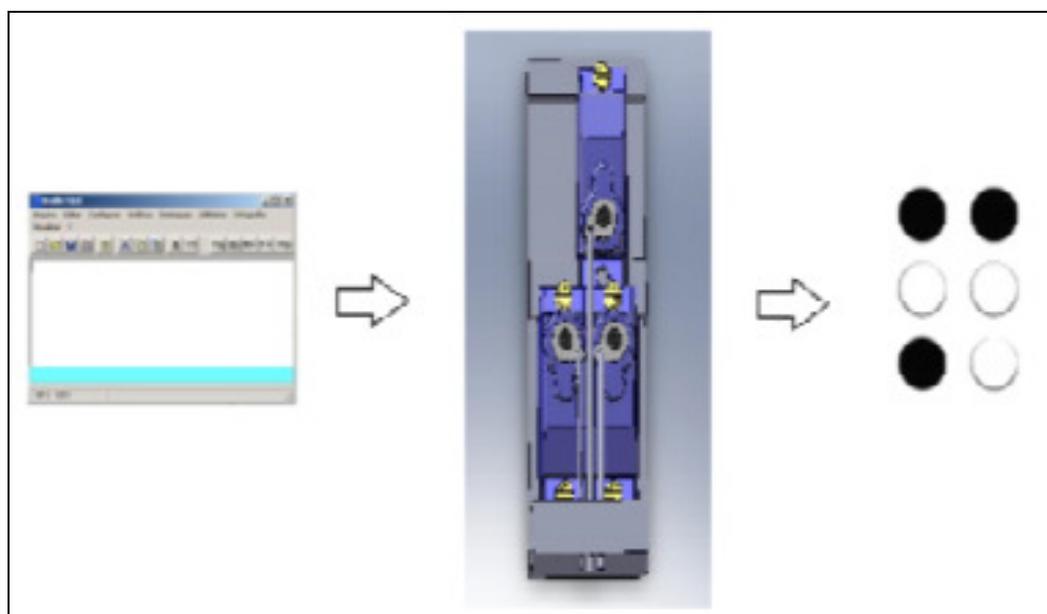


Figura 7. Componentes do sistema desenvolvido.

O texto que aparece na tela do PC, onde é executado o software Braille Fácil⁸, é enviado serialmente para o sistema embarcado encarregado pelo acionamento das agulhas do sistema de impressão. Como o sistema de impressão possui somente três servo-motores e a cela Braille possui seis pontos, o motor que desloca o cabeçote é acionado para posicioná-lo na segunda coluna da cela Braille. Ao ser acionado novamente, o cabeçote é posicionado na próxima cela, após um espaço. O acionamento dos pontos depende da interpretação do caractere que está sendo impresso, o qual é feito pelo ARM.

O hardware do sistema foi baseado no kit de desenvolvimento MCB2130, que conta com um ARM LPC2138, da Philips [Sousa 2006]. A comunicação com o computador pessoal foi realizada através do protocolo serial UART e o acionamento dos motores do sistema de impressão foi realizado utilizando a técnica conhecida como PWM. O *firmware* do microcontrolador foi implementado utilizando a linguagem C, através de um ambiente de desenvolvimento disponibilizado pela Keil, chamado μ Vision3⁹.

Para tanto, foram projetados dois módulos: receptor e impressão. O módulo receptor foi responsável pela comunicação entre o ARM e o PC através da porta serial, utilizando o protocolo UART [Weber 2000]. Esse módulo também foi encarregado pela codificação para o Braille, determinando quais pontos deveriam ficar em relevo para cada caractere impresso. A Figura 8 ilustra o fluxo de informações.

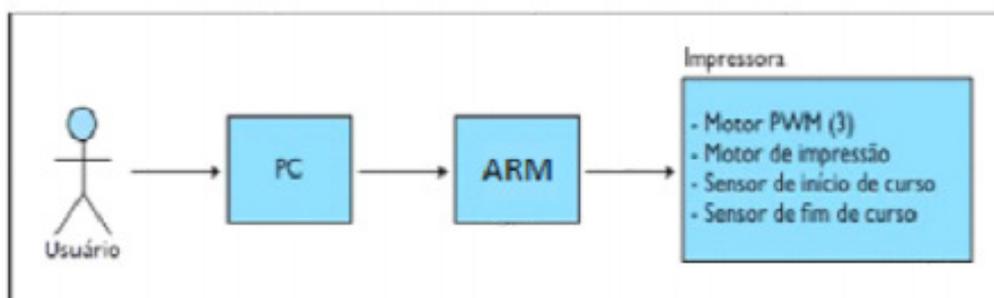


Figura 8. Componentes do sistema desenvolvido.

Para configurar a comunicação do software Braille Fácil com o ARM, foi adicionada uma nova impressora no Painel de Controle do Windows, e deve ser especificada a porta de comunicação COM, como “Genérico” e o modelo selecionado “Generic/Text Only”. A porta COM escolhida deve ser configurada com uma taxa de 9600 bps, 8 bits de dados, sem controle de paridade, 1 bit de parada e sem controle de fluxo.

No software Braille Fácil, a impressora se configura como “Impressoras de clichê” e o nome do arquivo “PRN”. Depois basta digitar o texto no editor de textos do Braille Fácil e solicitar a impressão através da opção “Imprimir em Braille”.

⁸ <http://intervox.nce.ufrj.br/brfacil/>

⁹ <http://www.keil.com/>

4. Resultados

Foram realizadas três configurações para o acionamento dos motores PWM e do motor que espaceia as celas Braille. Na Figura 9 pode-se observar que as letras se encontram espaçadas e os relevos dos pontos não estão uniformes.

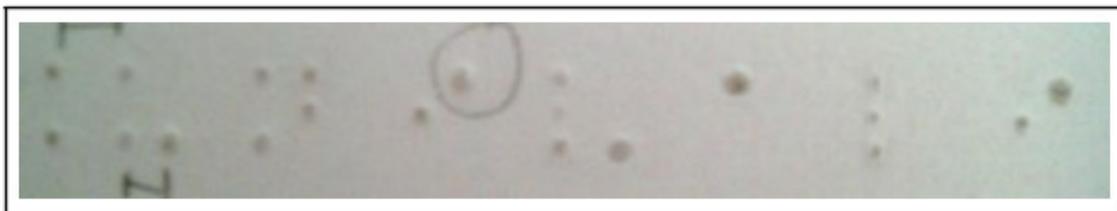


Figura 9. Primeira configuração

Na Figura 10 pode-se verificar que os pontos ficaram muito próximos, porém houve uma melhora considerável na uniformidade do relevo dos pontos.



Figura 10. Primeira configuração

Na Figura 11, a impressão ficou bastante próxima do desejado, pois a distância dos pontos ficou tal como nas impressões comerciais, assim como a uniformidade dos relevos.

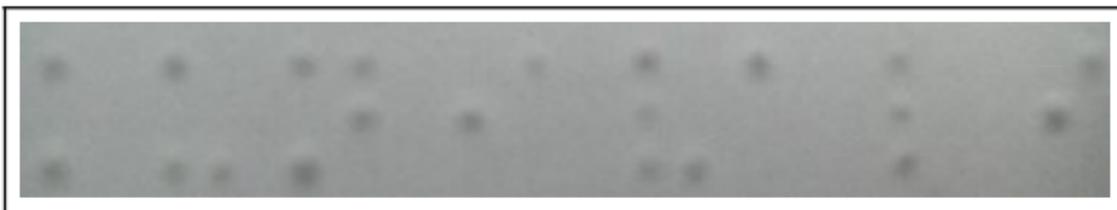


Figura 11. Terceira configuração para a impressão

Foram realizadas algumas medições no sistema de impressão desenvolvido. O tempo para a impressão de um caractere foi de 3 s. Nesse tempo são acionados os servomotores para imprimir a primeira coluna, desloca-se o cabeçote para imprimir a segunda coluna e acionam-se os servo-motores. Para finalizar o ciclo de impressão de um caractere, desloca o cabeçote até a próxima cela.

Uma impressora Everest-D V4 imprime 100 caracteres por segundo, dado o paralelismo das celas. De forma similar, a Basic-D, também imprime 100 caracteres por segundo e a Emprint SpotDot imprime 50 caracteres por segundo.

Considerando uma linha formada por 40 caracteres, o sistema desenvolvido demoraria 120 segundos, ou seja, dois minutos para imprimir cada linha de caracteres.

Apesar da demora, deve-se levar em consideração que um dos fatores mais importantes do projeto era a simplicidade do sistema de impressão e não a sua velocidade.

A avaliação do sistema foi realizada na Associação Catarinense ara Integração do Cego – ACIC. Um especialista cego, que trabalha no centro de produção de material acessível da instituição, fez uma avaliação das impressões mostradas nas figuras 9, 10 e 11. Para tanto, foi confeccionado um questionário, resumido no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1. Resultado da avaliação

Amostra	Conseguiu ler o que estava escrito?	O relevo dos pontos é adequado?	O espaçamento entre as colunas da cela está correto?	O espaçamento entre os caracteres está correto?
Figura 5	Sim, está escrito Univali	Não, ele está muito fraco e uma pessoa com o tato menos treinado não conseguiria ler.	O espaçamento entre as colunas da cela não está correto.	Não, estão muito afastados.
Figura 6	Sim, está escrito Univali	Não, continua fraco.	O espaçamento entre as colunas da cela não está correto.	Não, eles estão muito próximos.
Figura 7	Sim, está escrito Univali	Continua estando fraco, mas melhorou bastante.	Sim.	Sim, está muito próximo do ideal

Observa-se que a terceira configuração realizada gerou um resultado adequado, ficando o sistema configurado dessa forma. Como sugestão de melhoria, deve ser redesenhada a ponta das agulhas de impressão, pois observou-se que ao tentar um relevo mais forte, a agulha furava o papel. A Figura 12 ilustra o protótipo desenvolvido.



Figura 12. Protótipo desenvolvido.

5. Conclusões

Neste artigo foi descrito o desenvolvimento de um sistema para a impressão de textos em Braille, o qual foi adaptado a uma impressora de jato de tinta comercial. O sistema utiliza um processador ARM, que se comunica com o software Braille Fácil, o qual converte os textos em caracteres Braille.

Para tanto, um cabeçote de impressão, usando servomotores PWM e agulhas de aço inoxidável, permite materializar o relevo dos pontos do sistema Braille.

O projeto realizado é inovador e tem como diferencial o sistema mecânico de impressão projetado e a comunicação com o aplicativo Braille Fácil, que é um software nacional e gratuito, muito empregado pelos deficientes visuais. Porém, é necessário testar todo o mecanismo com um número significativo de usuários.

Cabe salientar que embora o sistema de impressão apresentou resultados adequados, deverá ser aperfeiçoado em trabalhos futuros para incluir novas funcionalidades. Por exemplo, incluir a alimentação de papel para permitir a impressão de uma página inteira, assim como outras funções do sensoriamento, tal como a detecção de erros. Também o aprimoramento do relevo deve ser realizado, bem como a síntese de voz.

Referências

- Altrimage. (2016) “Braille”. Disponível em <www.altrimage.com/portfolio/brailleur/>. Acessado em 26 de Maio de 2016.
- Braga, Newton C. (2001). O que é PWM. Saber Eletrônica, São Paulo.
- Cook, Albert M., Polgar, Jan M. (2015), Assistive Technologies: Principles and Practice. 4er Ed. Mosby.

- IBGE. (2010). Censo demográfico brasileiro. Disponível em <www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?tema=censodemog2010_defic>. Acessado em 13 de maio de 2016.
- Lerparaver (2009). A escrita a branco. Disponível em <<http://www.lerparaver.com/>>. Acessado em 26 de Maio de 2016.
- McLaughlin, Margaret L.; Hespanha, João P; Sukhatme, Gaurav S. (2002) Touch in Virtual Environments: Haptics and the Design of Interactive Systems. Ney Jersey, California.
- MEC – Ministério da Educação. (2016). “Catálogo de Produtos de Tecnologia Assistiva”. Disponível em: <<http://assistiva.mct.gov.br/catalogo/impressora-braille>>. Acessado em 26 de Maio de 2016.
- Olson, Don A., Deryuter, Frank. (2001). Clinician's Guide to Assistive Technology. Mosby.
- Presley, Ike. (2008). Assistive Technology for students who are blind or visually impaired: A guide to assessment. Amer Foundation for the Blind Press.
- Santos, F. (2008). Uma forma diferente de ler e escrever. In: Educação Inclusiva. Orgs: Delou, C.M.C. et al. Disponível em <http://ucbweb.castelobranco.br/webcaf/manuais/educacao_inclusiva.pdf>. Acessado em 07 de agosto de 2016.
- Sonza, Andréa P. (2004). Acessibilidade de Deficiente Visuais aos Ambientes Digitais Virtuais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre. 197 f.
- Sousa, Daniel Rodrigues de (2006). Microcontroladores ARM 7: O poder dos 32 bits - Teoria e Prática. São Paulo: Érica.
- Supriya, S; Senthilkumar, A. (2009). Electronic Braille pad. International Conference on Control, Automation, Communication and Energy Conservation.
- Weber, Raul Fernando (2000). Arquitetura de Computadores Pessoais. Porto Alegre, Instituto de informática da UFRGS : Editora Sagra Luzzatto.
- Wiener, William R. et al (2010). Foundations of Orientation and Mobility: History and Theory. Amer Foundation for the Blind Press. Second Edition.