

Sistema Computacional no auxílio da inclusão da pessoa com deficiência visual no âmbito educacional

**Josivan R. dos Reis¹, Roberto P. do Nascimento², Jessiane M. S. Pereira³,
Mariel C. da Matta³**

¹Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) Oriximiná – PA – Brasil

²Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) Santarém – PA – Brasil

³Curso de Engenharia Elétrica - UNINASSAU Recife – PE – Brasil

{josivan.reis, roberto.nascimento}@ufopa.edu.br

jessiane.silva1995@gmail.com

ielcadena@hotmail.com

Abstract. *Brazil's public primary education presents difficulties in the inclusion process of students with visual impairment (blind or low vision) because a significant number of teachers have little or no knowledge in the Braille system, directly impacting the teaching-learning process. Assistive Technologies are fundamental in visually impaired students lives, either because they facilitate communication and/or support in school activities, since many schools do not have the support of the appropriate professional. It is thinking in this context and in the service to the visually impaired in the educational scope that this work proposes a computer system, developed with techniques of computer vision, that facilitates written communication between blind people, who are Braille literate and the seeing, who unaware of such a system. The results indicate that the system was successful in transcription since the tests showed a readable transcription of the texts in Braille to its corresponding in alphanumeric.*

Resumo. *O ensino básico público do Brasil apresenta dificuldades no processo de inclusão de alunos com deficiência visual (cegos ou de baixa visão), pois uma parcela significativa de professores possuem pouco ou nenhum conhecimento no sistema Braille, impactando diretamente no processo de ensino-aprendizagem. As Tecnologias Assistivas são fundamentais na vida dos alunos com deficiência visual, seja pelo fato de facilitar comunicação e/ou apoiar nas atividades escolares, visto que muitas escolas não possuem o apoio do profissional adequado. É pensando neste contexto e no atendimento aos deficientes visuais no âmbito educacional que este trabalho propõe um sistema computacional, desenvolvido com técnicas de visão computacional, que facilite a comunicação escrita entre pessoas cegas, alfabetizadas em Braille e as videntes que desconhecem tal sistema. Os resultados indicam que o sistema apresentou êxito na transcrição, visto que os testes mostraram uma transcrição legível dos textos em Braille para a sua correspondente em alfanumérico.*

1. Introdução

No Brasil, existem mais de 6,5 milhões de pessoas com deficiência visual, sendo 582 mil cegas e 6 milhões com baixa visão, segundo dados do Censo 2010, feitos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Muitos métodos foram criados como substituição para suas capacidades de visão, um desses foi o sistema Braille, que permite a leitura de documentos através do tato e a escrita através dos pontos em alto-relevo, possuindo até 63 combinações, motivo pelo qual é considerado um sistema de difícil aprendizagem. Essa dificuldade impacta nossa sociedade, escolas e professores causando entraves, por exemplo, nas correções das produções escritas dos alunos alfabetizados em Brailles, por ausência de professores capacitados.

Sobre este aspecto, [Ainscow 2018] afirma ser necessário enfatizar que a inclusão educacional não consiste apenas em matricular o aluno com deficiências na escola. A inclusão escolar deve ser ancorada em três aspectos inter-relacionados, que são: (1) a presença do aluno na escola; (2) a participação efetiva nas atividades escolares, que inclui oferecer condições de acessibilidade e adaptações curriculares necessárias e; (3) a aquisição de conhecimentos. Portanto, inclusão significa o aluno estar na escola, participando, aprendendo e desenvolvendo suas potencialidades.

Nesse sentido, o processo de inclusão escolar de alunos com deficiência visual requer recursos e atendimento especializado. Dessa forma, as salas de recursos multifuncionais são ambientes de natureza pedagógica e são divididas em tipo I e tipo II. O modelo I não oferece atendimento educacional especializado (AEE) para alunos cegos. A de tipo II tem todos os instrumentos do tipo I, acrescidos de materiais para o atendimento do aluno cego, tais como: impressora em Braille, alfabeto em Braille, scanner com voz, globo terrestre tátil, calculadora sonora, bolas com guizo, máquina de escrever em Braille, dentro outros [BRASIL. Ministério da Educação 2010].

No intuito de atender a esta demanda, com vista à inclusão, surgem algumas indagações: Como facilitar a comunicação escrita entre cegos e videntes? Como a tecnologia, através de recurso computacionais, pode facilitar a inclusão de cegos no âmbito escolar? Sendo assim, é apresentado neste trabalho um sistema computacional que facilite a comunicação escrita entre cegos e videntes, que seja aplicada no âmbito educacional com fins de colaborar com o processo de ensino-aprendizagem.

Além desta introdução, o artigo contempla mais 4 seções. Na seção 2 são apresentadas algumas tecnologias existentes que contribuem para proporcionar ou ampliar o conhecimento em Braille. Na seção 3 é definida a metodologia utilizada no desenvolvimento do sistema. Na seção 4 são apresentados os resultados. Por fim, na seção 5 são feitas as considerações finais.

2. Tecnologias Existentes

Com foco na comunicação independente para pessoas com deficiência visual, muitos projetos de pesquisa desenvolveram tecnologias assistivas com recursos e serviços aptos a proporcionar ou ampliar as habilidades das pessoas com deficiência visual no processo de aprendizagem da linguagem em Braille.

Os projetos existentes, de forma geral, apresentam ferramentas criadas para usuário com deficiência visual, mas, atualmente, já existe ferramenta para auxiliar,

também, aprendizagem das famílias das pessoas com deficiência.

Entre os projetos existentes, pode-se mencionar: o método de conversão de código em Braille para mensagem de voz [Rajan and V 2017]; o aplicativo para dispositivo móvel que converte mensagem de texto em Braille (SMS), com ênfase nos símbolos especiais [Kumar et al. 2010]; a ferramenta Web de aprendizagem Braille para pais de pessoas com deficiência visual [Iqbal et al. 2017]; o teclado para o ensino em Braille [Gómez et al. 2017]; o sistema para aprender ensino em Braille taiwanês [Yang et al. 2017]; o aplicativo móvel para facilitar a digitação [Ludi et al. 2014][Mascetti et al. 2011]; a interface intuitiva para o navegador de *smartphones* projetada exclusivamente para usuário cego [Jassi et al. 2014]; e suíte de texto em Braille [Araújo et al. 2016].

Na linha dos projetos existentes, a ferramenta proposta neste trabalho, além de proporcionar e ampliar as habilidades de pessoas com deficiência visual, tem o objetivo de contribuir para as atividades voltadas para o ensino-aprendizagem nas escolas que não possuem professor braillista.

3. Método Proposto

Neste trabalho, a linguagem Braille é transcrita para linguagem alfanumérica em português. Uma imagem digitalizada é dada como entrada e nessa imagem é realizada o pré-processamento, onde ocorre conversão de RGB para níveis de cinza e a correção geométrica. Posteriormente, é aplicada a segmentação da imagem, as técnicas para eliminação de ruídos e a detecção das letras em Braille para converter em alfanumérica. O fluxograma do processo é mostrado na Figura 1.

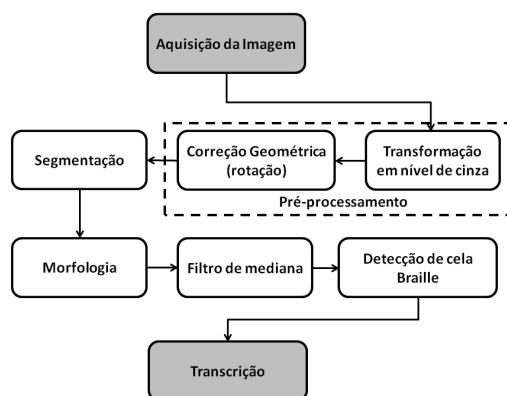


Figura 1. Fluxograma da abordagem proposta para conversão da linguagem Braille para alfanumérica.

3.1. Aquisição da Imagem

Os textos em Braille são digitalizadas através da impressora multifuncional Epson L355, com resolução de 100 pontos por polegadas (do inglês *Dots Per Inch* - DPI), conforme as seguintes características:

- Tamanho da imagem: 827x1169 *pixels*;
- Extensão do arquivo: JPEG (.jpg);

- Padrão de cores: modelo RGB – com 24 bits.

Na digitalização do documento cada ponto em relevo do texto é representado por pontos escuros na imagem, conforme Figura 2. São esses pontos escuros que formam as celas Braille que posteriormente serão traduzidas.

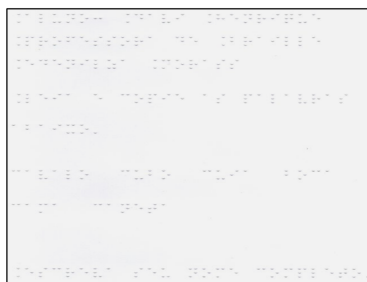


Figura 2. Imagem Digital do texto em Braille com resolução 100 dpi.

3.2. Pré-processamento

Na fase de transformação em nível de cinza é realizada a conversão da imagem do formato RGB (vermelho, verde e azul (do inglês *Red*, *Green* e *Blue*)) para escala em nível de cinza. A conversão dos valores RGB para valores em tons de cinza é realizada aplicando uma soma ponderada [Gonzalez and Woods 2009], conforme mostrado na equação 1.

$$0.2989 * R + 0.5870 * G + 0.1140 * B \quad (1)$$

Devido à inclinação do papel no processo de aquisição da imagem, é necessário a aplicação de um algoritmo de Correção Geométrica. Para a correção, utiliza-se um algoritmo de detecção de ângulo que inicialmente identifica as bordas horizontais para calcular o ângulo de inclinação da imagem.

Após a identificação da inclinação da borda, a imagem é rotacionada em um número correspondente de graus com o objetivo de deixar a imagem alinhada horizontalmente [Beatty 2012].

3.3. Segmentação

Segmentação é o processo de separar uma imagem em múltiplas regiões, que tem como objetivo alterar a representatividade para facilitar a sua análise, ou seja, localizar objetos e formas na imagem.

Uma forma de segmentação de imagens é através da limiarização. De acordo com [Gonzalez and Woods 2009], o método consiste em dividir os *pixels* de uma imagem em apenas dois níveis - preto ou branco, de acordo com seu nível de cinza. Uma forma de extrair o objeto do fundo da imagem é através de um limiar T , que separa essas classes.

Neste trabalho foi utilizado o método de limiarização global com o valor ótimo de $L = 230$, que foi alcançado através de diversos testes. Este limiar atende a todos os pontos de Braille mesmo aqueles que não estão com seu relevo adequado e, ainda, elimina alguns ruídos advindos do processo de aquisição.

Os *pixels* da imagem são transformados em branco se $L \geq 230$ e em preto se $L < 230$, onde branco e preto equivalem aos valores 1 e 0, respectivamente, conforme a equação 2. O resultado da aplicação desse limiar é mostrado na Figura 3.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{se } f(x, y) \geq 230; \\ 0, & \text{se } f(x, y) < 230; \end{cases} \quad (2)$$

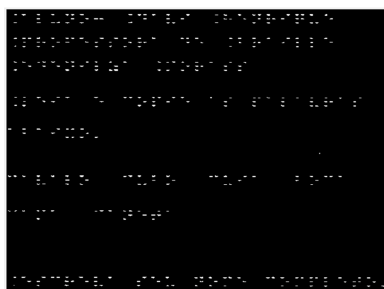


Figura 3. Imagem após a processo de segmentação através da limiarização global.

3.4. Morfologia Matemática e Filtro de Mediana

Morfologia matemática tem como objetivo analisar o contorno e/ou forma dos objetos de uma imagem, ou seja, consiste em extrair informação relacionada a geometria e a topologia dos objetos [Gonzalez and Woods 2009]. A morfologia foi aplicada para eliminar alguns ruídos e atenuar os pontos em Braille da imagem, e os operadores morfológicos utilizados foram: 1) dilatação com máscara em formato de disco de $raio = 1$ e 2) erosão com máscara em forma de disco de $raio = 1$.

Após a aplicação dos operadores morfológicos verificou-se a necessidade de utilizar um filtro para remoção dos demais ruídos, conforme mostrado na Figura 4(a). Para remoção desses ruídos foi aplicado um filtro de mediana, que é considerado um dos melhores filtros de suavização, pois mantém o contorno da imagem [Gonzalez and Woods 2009]. O filtro de mediana utilizado foi de tamanho $[3 \times 3]$, como é possível verificar na Figura 4(b), que mostra a remoção do ruído após a aplicação do filtro de mediano.

3.5. Detecção das Celas Braille

Após o tratamento da imagem nas etapas anteriores, é necessário definir a região de interesse (*foreground*) que são os pontos brancos na imagem, conforme mostrado na Figura 4(b). Em seguida, foi calculado o centroide de cada ponto branco (objetos de interesse) e suas coordenadas x (linha) e y (coluna) presente na imagem. As coordenadas (x, y) são utilizadas para gerar uma malha entre os pontos para, posteriormente, definir cada cela em Braille.

Levando em consideração a posição dos centroides de cada ponto, percorre-se a imagem do canto superior esquerdo ao canto superior direito, no eixo y , até encontrar o primeiro centroide, que será utilizado como referência para traçar uma linha na vertical e,

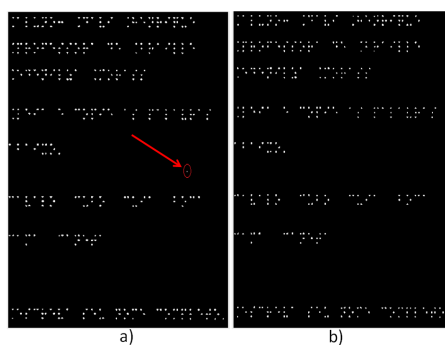


Figura 4. (a) Imagem após a aplicação dos operadores morfológicos com o ruído existente. (b) Imagem após a aplicação do filtro de mediana de tamanho [3 x 3].

em seguida, passa para o próximo ponto do eixo x para repetir o procedimento até o último centroide, conforme mostrado na Figura 5(a). Após este procedimento, será traçado as linhas horizontais do canto superior ao canto inferior esquerdo para cada centroide que for encontrado no eixo x , formando a malha apresentada na Figura 5(b).

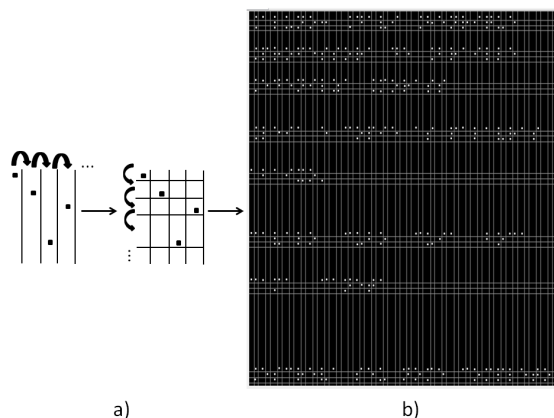


Figura 5. a) Gerando as linhas vertical e horizontal de cada centroide. b) Imagem com as malhas geradas em todos os pontos.

Após a geração das malhas entres todos os pontos da imagem, é realizada a detecção da cela Braille que é formada por uma matriz $[3 \times 2]$, conforme mostrado na Figura 6. Após a geração dessa malha, são criadas sub imagens 3×2 que representa a cela Braille, conforme mostrado na Figura 7.



Figura 6. Organização de uma cela Braille

3.6. Transcrição

Após detectar cada cela Braille é realizada a transcrição para a linguagem alfanumérica. Para transcrição foi necessário elaborar um banco de dados binário seguindo o manual da



Figura 7. Sequência de 3 recortes realizados através do processo de detecção da cela Braille

grafia Braille para língua portuguesa de todas as letras. Cada letra do banco de dados é formado por um vetor de 6 dígitos binário de 0 ou 1, onde 1 representa o ponto branco e 0 caso contrário.

O processo de transcrição completo é apresentado na Figura 8, de modo que a geração do vetor binário é comparado com os vetores do banco de dados, e assim retorna o caractere alfanumérico correspondente, conforme a Figura 8 (a) e (b), respectivamente.

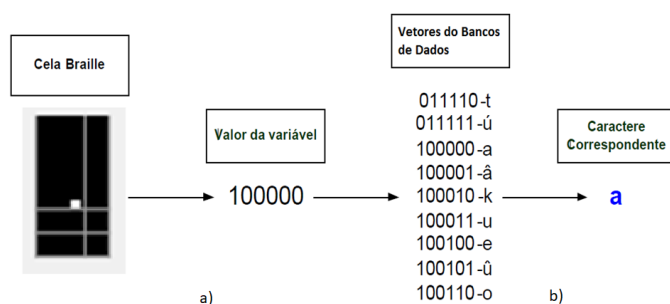


Figura 8. a) Passos para a geração do vetor da cela Braille. b) Etapas para transcrição de uma cela Braille em um caractere alfanumérico.

4. Resultados

Os documentos utilizados nos experimentos foram escritos nas máquinas Perkins e reglete e punção e cedidos pelo Instituto de Cegos Antônio Pessoa de Queiroz (IAPQ) - Recife/PE. A Figura 9 mostra a transcrição de um texto escrito em Braille para linguagem alfanumérico, utilizando o método proposto.

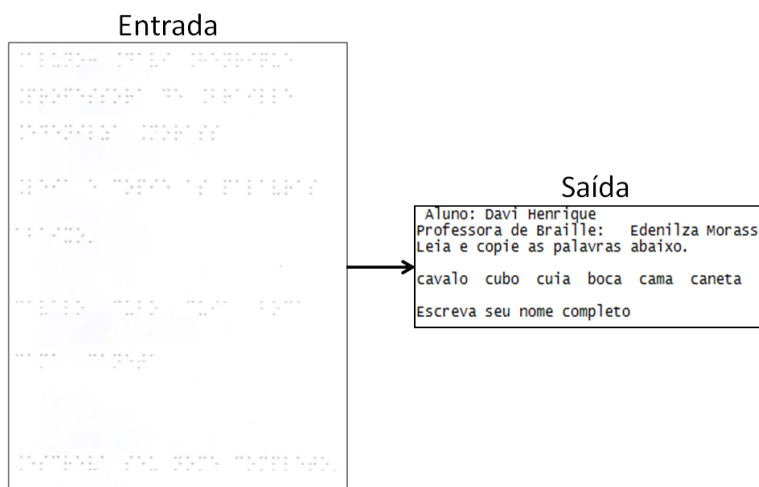


Figura 9. Transcrição do texto em Braille para alfanumérico utilizando o método proposto.

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados da transcrição dos documentos escritos em Braille para a linguagem alfanumérica, utilizando reglete e punção e máquina Perkins, respectivamente. Como é possível observar no campo **erro** o sistema teve um percentual de erro muito baixo, o que comprova a eficiência do sistema de transcrição de Braille para alfanumérica.

Tabela 1. Resultado da transcrição dos textos escritos em Braille para Alfanumérico através de reglete e punção

Textos	Nº de caracteres por texto	Nº de caracteres transcrito	Nº de caracteres com erro	Erro (%)
As borboletas	202	203	2	0.99
Uma aula	109	110	1	0.92
O leão e a Zebra	106	106	0	0
Bandeira Branca	153	153	0	0
Hino de Elefantes	336	336	1	0.3
Bambi	542	542	8	1.47
Bambi 1	543	543	1	1.85
Bambi 2	442	442	1	0.23
Salmo	122	122	0	0

Tabela 2. Resultado da transcrição dos textos escritos em Braille para Alfanumérico através da máquina Perkins

Textos	Nº de caracteres por texto	Nº de caracteres transcrito	Nº de caracteres com erro	Erro (%)
Atividade	128	128	0	0
Atividade 2	171	171	0	0
Como é grande o meu amor por você	421	421	1	0.24
O caderno	341	340	2	0.59

As Tabelas de resultados possuem o campo **texto**, que representa o texto utilizado para a transcrição, o campo **número de caracteres por texto** que representa a quantidade de caracteres existentes, o campo **número de caracteres transcrito** que corresponde a soma de caracteres transcritos pelo método proposto, o campo **número de caracteres com erro** mostra a quantidade total de caracteres transcritos erroneamente (soma dos caracteres que são trocados mais os caracteres adicionados e/ou excluídas durante o processo de transcrição) e o campo **erro** exhibe o percentual de erros em cada texto após o processo de transcrição, e esse cálculo é definido na equação 3.

$$erro = \frac{N^{\circ} \text{ de caracteres com erros}}{N^{\circ} \text{ de caracteres por texto}} * 100 \quad (3)$$

4.1. Aplicação do Sistema no Âmbito Educacional

Esta etapa foi realizada em uma escola da rede pública municipal, com o objetivo de avaliar o sistema de transcrição Braille-Alfanumérico no âmbito educacional. Os resulta-

dos iniciais ainda são preliminares e não conclusivos, mas a aplicação em outras escolas possibilitará o surgimento de novos *insights* que contribuirá para o sistema de transcrição.

Dessa forma, foi apresentado aos professores da escola municipal de Ipojuca - PE o funcionamento do sistema de transcrição e, em seguida foi aplicada atividade aos alunos (que usaram reglete e punção) e posteriormente utilizaram o sistema de transcrição, conforme o resultado de transcrição de uma das atividades mostrado na Figura 9.

Após a utilização do sistema foi realizada uma entrevista com os professores através de alguns questionamentos, sobre a utilização e o impacto da ferramenta no ambiente educacional de deficientes visuais, e suas respostas são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Pesquisa aplicada na escola da rede pública municipal

Pergunta	Professor A	Professor B
Você utilizaria o sistema em sua turma?	Sim	Sim
A ferramenta ajuda o professor que não tem o domínio da linguagem Braille?	Sim	Sim
A ferramenta auxilia no processo ensino-aprendizagem?	Sim	Sim
Classifique o tempo para aquisição da imagem em: Ruim/Regular/Bom/Ótimo	Regular	Bom

Diante das respostas positiva dos professores no tocante à utilização do sistema para a transcrição do Braille para os caracteres alfanuméricos, observou-se que o sistema computacional auxilia no processo de ensino-aprendizagem e na inclusão dos alunos cegos no âmbito escolar. Sobre esse aspecto, [Araújo et al. 2013] afirma que é importante ressaltar que a tecnologia se torna uma aliada servindo de instrumento facilitador no processo de auxílio na educação inclusiva, através do desenvolvimento de sistemas computacionais ou software.

Os professores afirmam que a ferramenta precisa evoluir para um aplicativo celular, para facilitar a aquisição das imagens e, conseqüentemente, a transcrição dos textos em Braille para alfanumérico.

5. Considerações Finais

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema que facilite a comunicação escrita entre pessoas cegas, alfabetizadas em Braille e as videntes que desconhecem tal sistema. O sistema foi desenvolvido utilizando técnicas de visão computacional e tem como foco o ambiente escolar, de modo a agilizar a comunicação escrita entre alunos e professores.

As análises do sistema apontaram que este projeto servirá como um instrumento de apoio para a transcrição dos escritos em Braille para os caracteres alfanuméricos, além disso, a ferramenta tem potencial para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, mas é importante salientar que ela não substituirá o professor braillista, ator importantíssimo no processo de alfabetização de crianças com deficiência visual.

Dessa forma, tem-se como trabalho futuro, desenvolver um aplicativo para dispositivo móvel que realize a transcrição do Braille para caracteres alfanuméricos para suporte ao professor que não possui o domínio do sistema Braille, conforme sugerido pelos professores da escola pública municipal de Ipojuca-PE.

Referências

- Ainscow, M. (2018). O que significa inclusão? Disponível em: http://www.crmariocovas.sp.gov.br/ees_a.php?t=002. Acessado em 26 de fevereiro de 2018.
- Araújo, M. C. C., Silva, A. R. S., Darin, T. G. R., and et al. (2016). Design and usability of a braille-based mobile audiogame environment. *Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on Applied Computing - SAC '16*, pages 232–238.
- Araújo, A. L. S. O., Brito, R. R., and Silva, A. P. (2013). Softwares para educação inclusiva: uma revisão sistemática no contexto de sbie e wie. *II Congresso Brasileiro de Informática na Educação (cbie 2013) XXIV SBIE (2013)*, pages 507–515.
- Beatty, J. (2012). The radon transform and the mathematics of medical imaging. In *Digital Common*, page 646.
- BRASIL. Ministério da Educação (2010). Manual de Orientação: Programa de Implantação de Sala de Recursos Multifuncionais. page 33.
- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2009). *Processamento Digital de Imagens*. Pearson, 3 edition.
- Gómez, N. L. C., López, E. K. G., Sánchez, Q., and Rocha, M. A. M. (2017). SBK : Smart Braille Keyboard for Learning Braille Literacy in Blind or Visually Impaired People. *ACM*, pages 1–4.
- Iqbal, M. Z., Shahid, S., and Naseem, M. (2017). Interactive Urdu Braille Learning System for Parents of Visually Impaired Students. *Proceedings of the 19th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pages 327–328.
- Jassi, I. S., Ruchika, S., Pulakhandam, S., Mukherjee, S., Ashwin, T. S., and Reddy, G. R. M. (2014). Ember : A Smartphone Web Browser Interface for the Blind. *Proceedings of the 7th International Symposium on Visual Information Communication and Interaction - VINCI '14*, pages 106–112.
- Kumar, D., Khan, F., and Islam, S. (2010). Mobile SMS to Braille Transcription: A New Era of Mobile for the Blinds. *International Conference and Workshop on Emerging Trends in Technology (ICWET 2010)*, pages 70–74.
- Ludi, S., Timbrook, M., and Chester, P. (2014). AccessBraille: Tablet-based Braille Entry. *Proceedings of the 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility*, pages 341–342.
- Mascetti, S., Bernareggi, C., and Belotti, M. (2011). TypeInBraille: A Braille-based Typing Application for Touchscreen Devices. *Assets (Xiii)*, page 295.
- Rajan, B. K. and V, A. (2017). Braille Code Conversion to Voice in Malayalam. *International Conference on Communication and Signal Processing*, 67953:710–714.
- Yang, T.-J., Chen, W.-A., Chu, Y.-L., You, Z.-X., and Chou, C.-H. (2017). Tactile Braille learning system to assist visual impaired users to learn Taiwanese Braille. *SIGGRAPH Asia 2017 Posters on - SA '17*, pages 1–2.