

UMA NOVA FERRAMENTA PARA O FUTURO DO ENSINO DE BRAILLE: CBA BIDIRECIONAL A NEW TOOL FOR THE FUTURE OF BRAILLE TEACHING: BIDIRECTIONAL CBA

ISSN: 2966-392X DOI: 10.29327/2423680.1.1-1

Anaxágoras Maia Girão ¹
Carlos Wagner Costa Vieira ²
Francisco José Alves de Aquino ³
João Batista Bezerra Frota ⁴

RESUMO

A Organização Mundial da Saúde estima que, até 2050, mais de 115 milhões de pessoas poderão estar cegas em todo o mundo. A alfabetização em Braille é essencial para pessoas com deficiência visual, especialmente as que têm cegueira total, e desempenha um papel tão importante quanto os métodos educacionais tradicionais. Este artigo apresenta o desenvolvimento da Cella Braille Aumentada (CBA) bidirecional, uma ferramenta inovadora destinada a otimizar o ensino do Braille. O dispositivo atua como um display tátil e um teclado, permitindo que os usuários interajam diretamente com os pontos Braille, aprimorando o processo de aprendizagem. Os testes de usabilidade, realizados com o questionário System Usability Scale (SUS), resultaram em uma excelente pontuação média de 91,5 pontos. Comprovada sua usabilidade, a próxima etapa será a implementação de salas de aula integradas, onde a CBA bidirecional permitirá a formação de letras, símbolos, palavras ou frases completas, tanto pelo professor quanto pelos alunos. A introdução dessa ferramenta promete promover um avanço significativo na inclusão de pessoas com deficiência visual no processo educacional.

PALAVRAS-CHAVE: Braille. Cella Braille. Deficiência visual. Acessibilidade.

ABSTRACT

The World Health Organization estimates that by 2050, over 115 million people worldwide may be blind. Braille literacy is essential for visually impaired individuals, especially those who are totally blind, and it plays a role as crucial as traditional educational methods for sighted people. This article presents the development of the Bidirectional Augmented Braille Cell (CBA), an innovative tool designed to optimize Braille teaching. The device functions as both a tactile display and a keyboard, allowing users to directly interact with Braille dots, enhancing the learning process. Usability tests, conducted using the System Usability Scale (SUS) questionnaire, resulted in an excellent average score of 91.5 points. With its usability proven, the next step will be the implementation of integrated classrooms where the Bidirectional CBA will enable the formation of letters, symbols, words, or complete sentences by both teachers and students. The introduction of this tool promises to significantly advance the inclusion of visually impaired individuals in the educational process.

KEYWORDS: Braille. Cella Braille. Visual Impairment. Accessibility.

¹ Mestrando em Educação pelo IFCE – Instituto Federal do Ceará. Especialização em Arquitetura de Computadores com ênfase em Sistemas Tolerantes a Falhas pela UFC- Universidade Federal do Ceará. Graduação em Engenharia Elétrica pela UFC- Universidade Federal do Ceará. **E-MAIL:** anaxa@ifce.edu.br. **CURRÍCULO LATTES:** lattes.cnpq.br/1133345547075628

² Especialização em Redes de Computadores pela UNIFOR- Universidade de Fortaleza e em Auditoria e Controladoria pela UNICE- Universidade do Ceará. Graduação em Engenharia Elétrica pela UFC- Universidade Federal do Ceará. **E-MAIL:** carlos.wagner@ifce.edu.br. **CURRÍCULO LATTES:** lattes.cnpq.br/5423890242717468

³ Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará. **E-MAIL:** fcoalves_aq@ifce.edu.br. **CURRÍCULO LATTES:** lattes.cnpq.br/7753822376652584

⁴ Doutor em Educação pela UNESP-Marília. Mestrado em Redes de Computadores pela UECE-Universidade Estadual do Ceará. Especialização em Controle de Processos pelo CEFET-MG- Centro Federal de Educação Tecnológica. Graduação em Engenharia Elétrica pela UFC-Universidade Federal do Ceará. **E-MAIL:** jb@ifce.edu.br. **CURRÍCULO LATTES:** lattes.cnpq.br/5806439919276380

INTRODUÇÃO

Segundo a ONU, aproximadamente 285 milhões de pessoas no mundo têm deficiência visual, sendo que 39 milhões são cegos. A OMS destaca o desafio de alfabetizar crianças cegas, considerando que a cada 3 mil, uma é cega. A falta de inclusão e de acesso a recursos e oportunidades podem dificultar a alfabetização das mesmas (SILVA, 2020). As tecnologias assistivas podem desempenhar um papel fundamental na vida das pessoas com deficiências. Tecnologia assistiva se refere a todos os dispositivos, equipamentos e serviços que ajudam as pessoas com deficiências a superar as barreiras e a realizar atividades diárias de forma mais independente e eficiente. A alfabetização em Braille é uma habilidade fundamental para pessoas cegas, e pode ser um desafio aprender a escrever e ler por meio deste sistema tátil. Nesse contexto, desenvolveu-se um dispositivo de Tecnologia Assistiva destinado a facilitar a alfabetização da pessoa cega. Este dispositivo foi denominado Cella Braille Aumentada Bidirecional (CBA bidirecional) com display tátil que funciona também teclado tátil e permitirá a interação professor/aluno cego no processo de alfabetização, possibilitando tanto a leitura quanto a escrita do código Braille em uma cella com tamanho aumentado.

Neste trabalho pretendemos responder a seguintes questões: as pessoas cegas e professores especialistas em Braille podem utilizar de modo eficiente o recurso da CBA bidirecional como display tátil e também teclado tátil, na alfabetização de cegos através da leitura e escrita do código Braille? A usabilidade da CBA bidirecional está compatível com a possibilidade de sua utilização integrada à uma plataforma de ensino à pessoa cega?

O CÓDIGO BRAILLE

Segundo Borges (2009), o idioma Braille é uma técnica de ensino consolidada pois já é utilizada por mais

de 100 anos em todo o mundo e permite a pessoa cega ler por meio do tato da ponta dos dedos e a escrita pode ser realizada por instrumentos de baixa tecnologia, como o reglete e a punção. Este código é um sistema tátil que utiliza pontos em relevo para representar letras, símbolos, números e símbolos. Cada caractere é representado por uma combinação de seis pontos, organizados em duas colunas de três pontos cada. Apesar das pessoas cegas serem alfabetizadas utilizando-se o Braille, há uma diminuição sensível no número de leitores Braille, o que por sua vez, enfraquece a produção de material impresso em Braille (BORGES, 2009). As evidências indicam que pessoas cegas com fluência em Braille têm acesso a empregos com melhor remuneração em comparação àquelas que não dominam esta técnica de leitura e escrita (FROTA, 2017).

PRODUTOS DE TECNOLOGIA ASSISTIVA EM BRAILLE PARA ALFABETIZAÇÃO DE CEGOS

A escrita Braille pode ser realizada por instrumentos de baixa tecnologia e baixo custo, como o reglete e a punção. Eles são compostos por uma placa plana de metal ou plástico com furos em uma ou ambas as extremidades, onde são encaixados os pontos salientes das punções de Braille. As impressoras Braille são dispositivos que permitem a impressão de documentos em Braille, através de pontos em relevo no papel ou em outros materiais, com alta qualidade e velocidade, permitindo a leitura tátil por pessoas com deficiência visual. Embora haja muitas semelhanças entre a impressora Braille e a impressora convencional, existem algumas características inerentes à mesma: custo elevado, lentidão, manutenção complexa e o tamanho maior do equipamento. Já estão disponíveis as normas técnicas brasileiras para a produção de textos em Braille (BRASIL, 2018).

Uma outra ferramenta bastante útil para pessoas com deficiência visual é a linha Braille ou display Braille. Este dispositivo permite que o usuário cego leia e

escreva em Braille em uma linha. A empresa Taptilo também iniciou a comercialização de um dispositivo inteligente portátil de aprendizado de braille com uma tela braille interativa, feedback de áudio e blocos de Braille de tamanho jumbo (esses blocos são maiores do que os blocos Braille padrão e podem ser facilmente detectados com as pontas dos dedos).

A maioria dos atuadores Braille comercialmente disponíveis são baseados em materiais piezoelétricos ou solenoides. Os materiais piezoelétricos, como o quartzo, têm sido amplamente utilizados em *displays* Braille por muitos anos devido às suas propriedades de resposta rápida e eficiente, mas eles têm algumas desvantagens, como a falta de durabilidade a longo prazo e o alto custo.

A USABILIDADE DE UM PRODUTO

A usabilidade de uma ferramenta tem uma grande importância no desenvolvimento da mesma. Segundo Nielsen (2012), usabilidade é um atributo de qualidade que indica a facilidade de uma interface de usuário ser utilizada e pode se referir a metodologias para melhorar a facilidade para se usar um produto no seu desenvolvimento. A avaliação da usabilidade de um produto é importante porque afeta diretamente a experiência do usuário ao interagir com o mesmo. Um produto com boa usabilidade é mais fácil de usar, proporcionando uma experiência mais agradável e eficiente. Outrossim, produtos com boa usabilidade permitem que os usuários realizem suas tarefas de forma mais eficiente e produtiva. Quando um produto é fácil de usar e as interações são intuitivas, os usuários podem concluir suas tarefas com menos esforço, menor tempo e menor chance de erros. Uma boa usabilidade considera a diversidade de usuários quanto à diferentes níveis de habilidades tecnológicas. Além disto, investir na avaliação da usabilidade pode ajudar a identificar problemas e melhorar o design de um produto antes de torna-se produto final, resultando em menos erros,

menos retrabalho e menores custos associados a correções e atualizações futuras.

No caso da CBA (Cella Braille Aumentada Bidirecional) a usabilidade se torna ainda mais crítica pois será uma TA (Tecnologia Assistiva) voltada para pessoas cegas. Se um produto é utilizado por tipos diferentes de usuários, a usabilidade é uma função dos usuários, sendo que, para cada um, a usabilidade é função dos objetivos do produto em termos dos resultados alcançados no uso de acordo com um conjunto de atributos (eficácia, eficiência e satisfação) no seu ambiente (IVARI, 2015).

Para avaliar a usabilidade da CBA bidirecional será utilizada a escala SUS (System Usability Scale) que foi desenvolvida em 1986 por John Brooke e consiste em um questionário com 10 itens e 5 opções de resposta. O respondente utiliza uma escala Likert que varia de "Discordo totalmente" a "Concordo totalmente". O resultado da escala SUS é obtido somando as contribuições individuais (0-4) de cada item. Para os itens ímpares, subtrai-se 1 da resposta do usuário, enquanto para os itens pares, o score é 5 a menos da resposta do usuário. A soma dos scores é multiplicada por 2,5, resultando em um índice de satisfação do usuário que varia de 0 a 100.

De acordo com SAURO (2011), a pontuação média da escala SUS em 500 estudos analisados é de 68, considerada como a média. Pontuações acima de 68 são consideradas acima da média, enquanto pontuações abaixo de 68 são consideradas abaixo da média. No trabalho de BANGOR, KORTUM e MILLER (2009), eles mapeiam as pontuações da escala SUS para adjetivos qualitativos, a fim de determinar o significado das pontuações individuais. Eles concluíram que uma pontuação média de pelo menos 71,4 indica uma boa usabilidade da solução proposta.

A CBA BIDIRECIONAL (CELLA BRAILLE AUMENTADA BIDIRECIONAL)

A CBA bidirecional é um dispositivo de TA (Tecnologia Assistiva) para alfabetização da pessoa cega que traz inovações importantes quando comparada às atuais soluções apresentadas na seção 3: redução expressiva no consumo de energia mesmo com uso de solenoide e a bidirecionalidade - a primeira viabilizará a sua portabilidade e a segunda viabilizará que a célula Braille, além de *display* tátil Braille, tornar-se também um teclado tátil Braille. A célula Braille com dimensões aumentadas propiciará à pessoa cega o treinamento no código Braille mesmo que o desenvolvimento da coordenação tátil da mesma - agilidade dos dedos e punho - ainda se encontre incipiente. Esse dispositivo, que é controlado por um processador *ESP-32 S2*, fará uma conexão via WI-FI com o aplicativo desenvolvido exclusivamente para o seu funcionamento (*dashboard* implementado no *Arduino Cloud*), em um telefone celular *Android* ou *IOS*, *tablet*, *notebook* ou *desktop*. Haverá dois modos de funcionamento - modo *display* tátil e modo teclado tátil. A ideia é que o professor, ou a pessoa que esteja usando o aplicativo (*dashboard*) que se comunica com o dispositivo, solicite, presencialmente ou remotamente, a formação de um código e o dispositivo atenda essa requisição elevando apenas os pontos correspondentes (modo *display* tátil). No sentido contrário (modo teclado tátil), todos os pontos são elevados pelo dispositivo e a pessoa cega baixa os pontos específicos de modo a formar o código desejado, que será então visualizado no aplicativo (*dashboard*).

Para acionamento eletromecânico dos pontos foram utilizadas válvulas solenoides de estado biestáveis que receberão pulsos de aproximadamente 10ms. Isso reduz em até 500 (quinhentas) vezes o consumo de energia, quando comparado aos solenoides convencionais. Desta forma, a autonomia da bateria aumentou também em igual proporção e pode então ser reduzida de tamanho, contribuindo para a portabilidade do dispositivo. Quando ocorre a mudança de estado manualmente (baixar o pino), há uma movimentação também do ímã permanente pelo centro da bobina, no

interior do solenoide. Um pulso elétrico de curta duração (aproximadamente 2 ms) então é gerado nos terminais do mesmo. Esse pulso elétrico é detectado pelo microprocessador, que reconhece essa mudança de estado. Assim, a célula Braille aumentada pode também ser utilizada como dispositivo de entrada (teclado tátil). A pessoa cega pode interagir com a célula Braille de forma bidirecional, recebendo feedback tátil (leitura) ou inserindo informações (escrita) em tempo real. Essas funcionalidades ampliam as opções de interação e proporcionam uma experiência mais completa no processo de aprendizagem, facilitando a comunicação e a realização de atividades diversas.

O peso final da CBA bidirecional, incluindo a bateria interna, aproxima-se de 350 gramas e o material usado em sua construção tem custo aproximado de US\$ 100.00. Visando formar uma futura linha Braille com diversas CBA bidirecionais funcionando lado-a-lado, o projeto também já previu ímãs laterais para alinhamento da aproximação, além de dupla interface ótica (uma de cada lado) para possibilitar fluxo de dados entre as mesmas.

AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DA CBA BIDIRECIONAL

Conforme já mencionado anteriormente no item 4, a avaliação da usabilidade desempenha um papel fundamental na criação de produtos para que atendam às necessidades e expectativas dos usuários.

Após aprovação do projeto pelo Sistema CEP- CONEP, apresentado ao Conselho Nacional de Saúde (CNS) através da “Plataforma Brasil” - CAEE 73630723.8.0000.5589- e aprovada pelo CEP- Comitê de Ética em Pesquisa- através do parecer 6.416.944, a etapa da pesquisa em campo foi iniciada com alunos infantis conhecedores de Braille, professores de Braille videntes e não videntes no Instituto Hélio Góes (SAC- Sociedade de Assistência aos Cegos - que cuida da educação e integração social de crianças, adolescentes e adultos portadores de deficiência visual em Fortaleza).

Em resumo, os resultados da usabilidade da CBA bidirecional revelaram uma excelente aceitação pelos usuários, cuja pontuação pelo questionário SUS (*System Usability Scale*) somaram 91,5 pontos, atingindo o nível “acceptable” (*Grade Scale “A”*).

Vale destacar que durante as entrevistas realizadas após os testes de utilização pelo público infantil não vidente, foram atribuídos conceitos do tipo “muito incrível” e que o acionamento dos pinos do dispositivo era “antiestressante”. Houve também uma analogia do dispositivo com os “pops its” (brinquedos sensoriais e de entretenimento que ganharam popularidade nos últimos anos). Como principal ponto de melhoria foi sugerido como desafio tornar a CBA bidirecional ainda mais leve.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da usabilidade da CBA bidirecional revelou um desempenho excelente, assegurando que ela pode ser empregada tanto como display tátil quanto como teclado tátil. Neste último modo, que é a principal inovação, todos os pontos estão inicialmente elevados e a pessoa cega pode abaixar apenas os pontos necessários para formar o código Braille desejado. Essa funcionalidade adicional confere um grau de originalidade à ferramenta, ampliando significativamente sua utilidade e eficácia no processo de aprendizagem e uso do Braille. Impulsiona-se então um projeto mais amplo: o desenvolvimento de uma plataforma para uso em salas de aula destinada à pessoas com deficiência visual. Nessa plataforma, cada estação de aluno poderá contar com uma linha Braille composta por várias CBA's bidirecionais (por exemplo, vinte), dispostas lado a lado. Através do seu painel de controle (*dashboard*), o instrutor ou professor poderá receber mensagens completas em Braille, construídas pelos alunos cegos, em tempo real.

Assim, a CBA bidirecional se revela como mais uma importante ferramenta de TA (tecnologia assistiva)

para auxiliar na alfabetização e inclusão de pessoas com deficiência visual, podendo ampliar seu acesso à educação e contribuir, então, para promover a igualdade de oportunidades e a autonomia desses indivíduos.

REFERÊNCIAS

BANGOR, A.; KORTUM, P.; MILLER, J. **DETERMINING WHAT INDIVIDUAL SUS SCORES MEAN: ADDING NA ADJETIVE RATING SCALE**. *Journal of usability studies*, vol. 4, no. 3, p. 114–123, 2009. Disponível em: <http://uxpajournal.org/determining-what-individual-sus-scores-mean-adding-an-adjective-rating-scale/>. Acesso em: 11 maio, 2023.

BORGES, José Antônio dos Santos. **DO BRAILLE AO DOSVOX – DIFERENÇAS NAS VIDAS DOS CEGOS BRASILEIROS**. 2009. 327 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Sistemas e Computação, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, p.169-203, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: http://intervox.nce.ufrj.br/~hpdosvox/textos/tese_antonio_borges.pdf. Acesso em: 21 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. **NORMAS TÉCNICAS PARA A PRODUÇÃO DE TEXTOS EM BRAILLE** / elaboração: DOS SANTOS, Fernanda Christina; OLIVEIRA, Regina Fátima Caldeira de – Brasília-DF, 2018, 3ª edição. 120p

CHOWDHURY, Dhiman; HAIDER, Mohammad Zakaria; SARKAR, Mrinmoy; REFAT, Mustakim; DATTA, Kanak; FATTAH, Shaikh Anowarul. **A INTUITIVE APPROACH TO INNOVATE A LOW COST BRAILLE EMBOSSER**. *International Journal Of Instrumentation Technology*, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 1, 2018. Inderscience Publishers. http://dx.doi.org/10.1504/_ijit.2018.090858. Acesso em: 21 jun. 2023.

DUTTON, Camila Sousa. **AS ESPECIFICIDADES DO ENSINO E DA APRENDIZAGEM DA LEITURA POR MEIO DO SISTEMA BRAILLE NA ALFABETIZAÇÃO DE ALUNOS CEGOS**. Benjamin Constant: Cultura Visual e Deficiência Visual, Rio de Janeiro, v. 27, n. 62, p. 9-11, 15 out. 2021. Disponível em: <http://200.156.28.48/index.php/BC/issue/view/121>. Acesso em: 21 jun. 2023.

FROTA, João Batista Bezerra. **USABILIDADE DA PLATAFORMA PORTÁTIL: AVALIAÇÃO DE PROFESSORES E ALUNOS**. 2017. 134 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação, Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília, p. 33-35, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449>

/150816/frota_jbb_dr_mar.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 21 jun. 2023.

IIVARI, Netta; JOKELA, Timo; NOKIA, Juha Matero Juha Matero; KARUKKA, Minna. **THE STANDARD OF USER-CENTERED DESIGN AND THE STANDARD DEFINITION OF USABILITY: ANALYZING ISO 13407 AGAINST ISO 9241-11**. Association For Computing Machinery, New York, Ny, United States, p. 53-60, ago. 2003. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/944519.944525#d1397391e1>. Acesso em: 21 jun. 2023.

NIELSEN, Jakob. **USABILITY 101: INTRODUCTION TO USABILITY**. 2012. Nielsen Norman Group. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>. Acesso em: 21 jun. 2023.

ROCHA, Victor Hazin da. **UM MÉTODO PARA ENSINO DE BRAILLE UTILIZANDO DISPLAY TÁTIL**. 2020. 102 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências da Computação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p. 75-77, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/40072/1/TESE%20Victor%20Hazin%20da%20Rocha.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2023.

SAURO, J. **MEASURING USABILITY WITH THE SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)**. 2011. Disponível em: <https://measuringu.com/sus/>. Acessado em: 20 jun. 2023.

SILVA, Danielle Sousa da. **A DIMENSÃO SUBJETIVA DA INCLUSÃO DE UNIVERSITÁRIOS CEGOS NO ENSINO SUPERIOR**. 2020. 211 f. Tese (Doutorado) - Curso de Processos de Desenvolvimento Humano e Saúde, Instituto de Psicologia, Universidade de Brasília, Brasília, p. 29-44, 2020. Disponível em: http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/41334/1/2020_DanielleSousadaSilva.pdf. Acesso em: 21 jun. 2023.

TORRES, Heloise Dellagnelo; RAMIREZ, Alejandro Rafael Garcia. **PROJETO DE UMA CELA BRAILLE DE BAIXO CUSTO**. Revista Educação, Psicologia e Interfaces, [S.L.], v. 3, n. 4, p. 136-141, 30 dez. 2019. Revista Educação, Psicologia e Interfaces. <http://dx.doi.org/10.37444/issn-2594-5343.v3i4.189>. Disponível em: [https://educacaoepsicologia.emnuvens.com.br/edupsi/iissue/view/16](https://educacaoepsicologia.emnuvens.com.br/edupsi/issue/view/16). Acesso em: 21 jun. 2023.