



## TECNOLOGIA ASSISTIVA DE BAIXO CUSTO PARA CONVERSÃO DE CARACTERES EM LINGUAGEM BRAILLE PARA CEGOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ana Carolina Leitão Rêgo<sup>1</sup>, Gilson Fernandes Braga Junior<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Sinais e Sistemas, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Brasil (e-mail: ana.rego@discente.ufopa.edu.br)

<sup>2</sup> Laboratório de Sinais e Sistemas, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Brasil (e-mail: gilson.braga@ufopa.edu.br).

**Resumo:** As tecnologias assistivas têm como intuito promover a autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social de pessoas com deficiência. Para isso, utilizam-se estratégias de caráter interdisciplinar como o desenvolvimento de produtos e práticas que possibilitem alguma participação mais ativa dos portadores de deficiência na sociedade. No caso dos deficientes visuais, as metodologias tradicionais para o ensino de braille dificultam o processo de aprendizagem e de integração dos cegos, o que coibi para um crescente aumento na demanda de modernização dos métodos de ensino em braille. Entretanto, o custo elevado tanto de produção quanto de mercado, tem evidenciado um entrave no processo de aquisição desses mecanismos mais modernizados. Nesse sentido, este trabalho teve como principal objetivo realizar um levantamento acerca do que tem sido produzido em relação as tecnologias assistivas para aprendizado de braile, além de identificar, descrever e analisar artigos e trabalhos científicos que exemplificassem projetos com foco na redução de custos no desenvolvimento de uma tecnologia assistiva para auxílio no aprendizado em braille para deficientes visuais. Assim, essa pesquisa contou com suporte nos preceitos de um estudo exploratório mediante uma revisão bibliográfica, sendo selecionados 23 artigos que englobavam os aspectos relacionados a algum tipo de modernização de tecnologia para deficientes visuais. Por meio desta, abordou-se primeiramente as definições e o histórico da deficiência visual e do sistema braille, seguido de um apanhado sobre as tecnologias assistivas destinadas aos deficientes constatando estudos bem encaminhados na área de aperfeiçoamento dessas tecnologias, principalmente as tecnologias táteis. Porém, nota-se que ainda são poucos que intensificam seus projetos na diminuição dos custos de produção, uma vez que fazem uso de materiais que elevam o preço final de mercado. Desse modo, foi detectado dentre alguns artigos escolhidos, um certo consenso entre os autores na concepção de dispositivos que empreguem materiais mais acessíveis que possam reduzir o seu custo de produção, e ao mesmo tempo atender devidamente as funções atreladas a ele, como é observado na composição de celas brailles acionadas por um microcontrolador do tipo Arduino, mecanismo comum na maioria dos trabalhos considerados. Sendo assim, nota-se uma contínua importância da realização de pesquisas e desenvolvimento de trabalhos pautados sobre o tema, para que haja uma minimização das dificuldades dos deficientes visuais na obtenção e acesso as tecnologias assistivas sob custo reduzido.

**Palavras-chave:** tecnologia assistiva; cela braille; aprendizado em braille; deficientes visuais; baixo custo.

### INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), existem no Brasil mais de 6,5 milhões de pessoas com deficiência visual severa, sendo 582 mil cegos e 6 milhões com baixa visão. Além disso, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que a cegueira afete 39 milhões de pessoas em todo o mundo e que 246 milhões sofram de perda

moderada ou severa da visão. Por consequência, a elaboração de equipamentos e práticas que possibilitem a inclusão dos portadores de deficiência visual na sociedade torna-se fundamental.

À vista disso, conforme a Fundação Dorina Nowill (2018) tais recursos e serviços que são destinados ao auxílio de pessoas com deficiência visual podem ser definidos como Tecnologias Assistivas. Essas tecnologias são pautadas nos métodos de ensino da leitura e escrita em Braille, que depois de algumas



modificações passou a ser um sistema composto por 63 sinais, que são representados por celas Braille, abrangendo letras, números, pontos e traços, amplamente utilizado para alfabetização dos deficientes visuais.

O Sistema Braille, se destaca como a mais importante metodologia de ensino para cegos no mundo, entretanto segundo Pimentel e Colaboradores (2016) por mais que seja um método eficiente, há a necessidade de modernizá-lo por meio da integração com os dispositivos eletrônicos. Foi por meio dessa busca por dispositivos mais modernos, que se colocou em pauta o desafio ao acesso dos recursos mais aperfeiçoados. Uma vez que, o custo de produção e aquisição na maioria dos casos é alto, ultrapassando valores possíveis para obtenção dos equipamentos.

Ante disso, pensados com o objetivo de minimizar as dificuldades de aquisição e de contribuir para o processo de aprendizado em braille, verifica-se que já há projetos focados no desenvolvimento de mecanismos de baixo custo voltados a atender essa demanda. Dentre eles, destacam-se os trabalhos que utilizam a plataforma de prototipagem Arduino, por auxiliar na concretização do objetivo de produzir mecanismos de custo reduzido.

Assim, considerando o desafio de suprir as necessidades de redução de custo durante a modernização das tecnologias assistivas de forma a proporcionar maior qualidade de aprendizado da linguagem Braille e de inclusão mais ampla dos deficientes visuais na sociedade, esse trabalho visa identificar e analisar os artigos científicos que apresentaram projetos com ênfase na produção de dispositivos de custo reduzido, mas que continuavam atendendo de forma eficiente a função de auxiliar os portadores de deficiência visual no seu processo de aprendizagem em Braille gerando mais autonomia e independência não só academicamente, mas também em outros âmbitos do dia a dia.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados do SCIELO e GOOGLE ACADÉMICO, sendo selecionados inicialmente 23 artigos que englobavam os aspectos relacionados a algum tipo de elaboração de tecnologias assistivas para deficientes visuais, datados entre os anos de 2009 e 2020, no idioma português. Os descritores utilizados foram: cegos, deficientes visuais, cela braille, tecnologia assistiva, baixo custo, aprendizado, educação em braille, Arduino, microcontrolador, linguagem braille.

A escolha inicial dos trabalhos contou com uma leitura dos 23 resumos identificados pelos descritores, em sequência uma nova seleção foi realizada incluindo os aspectos relacionados ao tema descrito anteriormente, e desses 23, verificou-se que somente dez artigos contemplavam precisamente o tema. Os outros trabalhos comprendiam em uma parte a história da linguagem braille em detalhes e

uma outra parte projetos de dispositivos com custo mais elevado.

Na seleção incluíram-se artigos originais de revisão bibliográfica, projetos de pesquisa, estudos de caso, pesquisas de campo e monografias que abrangessem o tema tecnologia assistiva de baixo custo. No decorrer da seleção, os artigos foram organizados pelos conteúdos apresentados e pela identificação dos protótipos e dos seus custos estimados de confecção. Desse modo, os resultados do estudo bibliográfico foram dispostos em cinco categorias que serão expostas ao longo do trabalho.

## A DEFICIÊNCIA VISUAL: DEFINIÇÕES E NÚMEROS

Ao longo das análises efetuadas, verificou-se que os autores para o devido desenvolvimento de seus projetos dispõem de uma sustentação em conceito de deficiência visual. Esses estudos são baseados em sua maioria nas definições já pré-estabelecidas por outros autores. Uma dessas definições amplamente utilizadas, é o conceito técnico de cegueira exposto por Sá (2007), que por meio de uma pesquisa empírica entre cegos e parcialmente cegos abordou a cegueira como uma alteração grave ou total de uma ou mais das funções elementares da visão afetando diretamente a capacidade de percepção do indivíduo. Posteriormente, em 2012, Antônio João Menescal Conde aponta a deficiência visual como a ausência total de visão ou alteração de alguma percepção luminosa que possa determinar formas a curta distância, além de apresentar uma divisão em escala oftalmológica: Acuidade visual, característica daquele que enxerga a uma determinada distância e o Campo Visual, que se relaciona a amplitude da área alcançada pela visão. Em ambas as especificações se constata que o fato de um indivíduo ser acometido seja por perda total da visão, seja por perda parcial da visão reduz consideravelmente o seu acesso à percepção do mundo exterior afetando energicamente sua vida cotidiana tanto no sentido social, quanto no acadêmico.

Para uma melhor compreensão sobre o tema, torna-se imprescindível uma exposição de dados que possam justificar pesquisas e projetos. Esses dados tem como base uma coleta de informações realizadas em boa parte pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS) que são descritos em 12 dos 23 artigos da amostra. Desse modo, cabe salientar que esses estudos apontaram que o número de cegos e pessoas com algum tipo de problema moderado ou severo de visão será de 535 milhões em 30 anos, ou seja, a população com cegueira e deficiência visual dobrará até 2050. Outrossim, segundo a Cartilha do Censo de 2010 (Figura 1), a faixa etária entra 0 e 14 anos de idade representa 5,3% do total da população com



alguma deficiência visual o que constata que uma boa parcela ainda está nos anos iniciais de aprendizado carecendo de um auxílio tanto na vida pessoal quanto na vida escolar tendo que fazer uso de materiais específicos que nem sempre são os mais apropriados.

	Deficiência Visual	Deficiência Auditiva	Deficiência Motora	Mental ou Intelectual
0 a 14 anos	5,3%	1,3%	1,0%	0,9%
15 a 64	20,1%	4,2%	5,7%	1,4%
Acima de 65 anos	49,8%	25,6%	38,3%	2,9%

Figura 1. Percentual de deficientes por idade (Censo 2010, IBGE).

Com isso, a busca pela modernização das tecnologias assistivas para promoção da qualidade de vida e de inclusão dessas pessoas se encaminha para sua máxima exploração, sobretudo no âmbito de produção de equipamentos que sejam mais acessíveis economicamente a esta parcela da população.

### O SISTEMA BRAILLE: HISTÓRICO

Na busca bibliográfica foram encontrados em todos os artigos uma seção relatando brevemente a história da criação do Sistema Braille, com ênfase nos acontecimentos que antecederam e sucederam o seu criador.

Com origem na França, o Sistema Braille foi fruto do trabalho de um jovem chamado Louis Braille (1809-1852) (Figura 2). Vítima de um acidente aos três anos de idade, o jovem francês feriu os olhos com um objeto pontiagudo enquanto brincava na oficina de seu pai o que o levou a perda total da visão (Baptista, 2000).



Figura 2. Louis Braille (Opera Mundi, 2012).

A partir deste fato, por conta da preocupação de seus pais com sua educação, aos 10 anos de idade passa estudar no Instituto Real de Jovens Cegos de Paris. Foram dois anos mais tarde, em 1821, que ele conhece o Capitão de Artilharia do Exército francês, Charles Barbier de la Serre e seu projeto de sistema de sinais em relevo. Inicialmente, um sistema voltado para transmissão de ordens para os soldados durante a noite, mas que logo transformou-se em um

mecanismo que facilitaria a comunicação entre os cegos, assim convertido em um sistema fonético. Ao ser apresentado o sistema, Louis detectou de imediato alguns pontos a serem corrigidos, porém o criador Barbier não aceita suas propostas para melhorá-lo (SAC, s.d.).

Assim, Louis Braille passa a se dedicar incansavelmente ao desenvolvimento de um sistema que atendesse as necessidades de escrita e leitura de pessoas com deficiência visual, baseado totalmente em pontos. Após um período testando formas de desenvolver este sistema de escrita tátil, ele chega a um esquema de seis pontos. Apesar de seu esforço na criação desse sistema, enfrentou certa resistência de seus professores na sua utilização, entretanto seus colegas passaram a usá-lo mesmo sem aprovação da direção do Instituto.

Alguns anos depois, torna-se professor do Instituto, ensinando gramática, matemática e geografia, além de estudar música e aplicar seu sistema à notação musical. Torna-se um grande pianista, porém tem sua vida prejudicada pela tuberculose aos 26 anos de idade. Contudo, isso não o impediu de continuar aperfeiçoando seu sistema e lutou para sua divulgação em outros países. Entretanto, foi somente após a sua morte, em 1854, que a utilização do Sistema Braille foi oficializada na França (A.C Louis Braille, s.d.).

Ao longo do levantamento histórico realizado pelos autores para pautar seus trabalhos, observa-se em Xavier et al (2019), um dos principais artigos focados no tema, se embasa na informação obtida pela Sociedade de Assistência aos Cegos (SAC) que data a invenção do alfabeto Braille em 1837. Já o restante dos trabalhos utiliza como referência Lemos e Cerqueira (s.d), reconhecendo o ano de 1825 como o marco para a integração dos deficientes visuais na sociedade. A referência utilizada por cada autor influencia para que haja uma diferença nas datações, uma vez que Lemos e Cerqueira consideram o ano que Louis Braille criou a primeira versão do alfabeto braille e a SAC considera a data de edição do alfabeto que passa a incluir números e pontuações. Apesar dessas diferenças, é cabível dizer de modo unânime que o jovem francês revolucionou a forma dos deficientes visuais de se conectar com o mundo.

### O SISTEMA BRAILLE: FUNCIONAMENTO

O sistema Braille é determinado como um código de escrita e leitura tátil universal, convertendo-se no sistema em relevo mais adotado no mundo. É utilizado em todos os idiomas para expressar a linguagem em áreas música, matemática, química, física e informática.

No estudo de Santos (2017), apresenta-se em suma que o sistema Braille é composto por 63 sinais formados por pontos a partir de um conjunto



matriarcal numerados de um a seis chamado de sinal fundamental, sendo cada espaço ocupado por um sinal denominado com cela ou célula Braille (Figura 3), e mesmo quando vazio é considerado, assim o sistema passar a ser composto por 64 sinais.

De acordo com o trabalho de Xavier et. al (2019), que teve suas informações baseadas nas pesquisas realizadas pelo Instituto Benjamim Constant (IBC), com o intuito de facilitar e estabelecer uma posição para identificar os pontos, eles são enumerados de cima para baixo e da esquerda para a direita. O conjunto formado na fila vertical da esquerda são os números 1,2,3 e os que compõe os da direita 4,5,6, conforme mostrado na Figura 3.

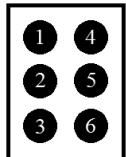


Figura 3. Representação cela Braille (FURB, s.d.).

No projeto de pesquisa de Marques (2018), expõe-se que além de representarem letras, também é possível ordenar uma sequência para compor os algarismos. Ainda em Marques (2018), com embasamento pautado em Da Silva (2015), apresenta-se 7 subconjuntos, em que na primeira série do sistema que recebe a nomenclatura de fundamental ou superior e segue a regra de possuir apenas um ponto na primeira linha e na primeira coluna. No subconjunto de segunda série, baseia-se o uso a partir do terceiro ponto em relevo, já a terceira série faz uso dos pontos 3 e 6 mais os pontos da primeira série. A quarta série obtém-se por meio do primeiro subconjunto e do ponto 6, posteriormente a quinta série, a série inferior, utiliza somente os pontos da parte inferior. Na sexta série, o ponto 3 na primeira coluna e na segunda linha são empregados, além de obedecer a regra de que quando o ponto 5 é usado o 4 também deve estar em relevo. E por último, a sétima série estruturada somente por pontos em relevo na segunda coluna (Figura 4).

Vale ressaltar, que o Sistema Braille é continuamente alvo de estudos com intuito de ampliar o número de representações.

É válido destacar que no Brasil, esse sistema foi implementado em 1854, trazido por um jovem cego em 1850, José Álvares de Azevedo, tendo ele estudado no mesmo instituto em que Louis Braille na França. Por meio do ato do Imperador D. Pedro II, o sistema foi adotado na primeira escola para cegos da América Latina no Imperial Instituto dos Meninos Cegos, atual Instituto Benjamin Constant, na cidade do Rio de Janeiro. Além disso, a Lei nº 4169 de 04 de dezembro de 1962, publicada no Diário Oficial da União (DOU) de 11 de dezembro de 1962, denota o Braille como o sistema de leitura e escrita dos cegos,

sendo o Brasil o único país que o reconheceu e o oficializou desta forma (Garcia, 2010).

Figura 4. Representação dos 7 subconjuntos (CEPEC, 2016).

Para a utilização do Sistema Braille na Língua Portuguesa, conservou-se quase todos os sinais ao conteúdo original, de modo que apenas algumas vogais acentuadas e alguns símbolos sejam representados por sinais exclusivos (Garcia, 2010). Por conta dessas particularidades da nossa língua quanto a pontuação e acentuação, o Ministério da Educação (MEC) aprovou uma grafia Braille que estivesse adaptada as especificidades da Língua Portuguesa. A seguir, na figura 5, apresenta-se o alfabeto Braille aprovado pelo MEC.

•	•	•	•	•	•	•	•
a	b	c	d	e	f	g	
•	•	•	•	•	•	•	•
h	i	j	k	l	m	n	
•	•	•	•	•	•	•	•
o	p	q	r	s	t	u	
•	•	•	•	•	•	•	•
v	w	x	y	z	ç	é	

Figura 5. Alfabeto Braille (BRASIL, 2018).

A figura 6 apresenta os sinais de acentuação.



Acento agudo	á	#:	é	#:	í	#:	ó	#:	ú	#:
Acento grave	à	#:		—		—		—		—
Acento circunflexo	â	#:	ê	#:		—	ô	#:		—
Tíl	ã	#:		—		—	õ	#:		—

Figura 6. Letras com diacríticos (BRASIL, 2018).

Os caracteres da 1ª série, precedidos do sinal (3456), representam os algarismos de um a zero. Quando um número é formado por dois ou mais algarismos, só o primeiro é precedido deste sinal. Nas Figuras 7, 8 e 9 e 10, podem ser visualizados os números em braile, os sinais matemáticos e sinais de pontuação, e sinais exclusivos da linguagem braile, respectivamente.

- 1 um
- 2 dois
- 3 três
- 4 quatro
- 0 zero
- 20 vinte
- 181 cento e oitenta e um
- 543 quinhentos e quarenta e três
- 809 oitocentos e nove

Figura 7. Números em Braille (BRASIL, 2018).

$+$	sinal de adição (mais)
$-$	sinal de subtração (menos)
$\times$	sinal de multiplicação (vezes, multiplicado por)
$\div$ : /	sinal de divisão (dividido por)
$=$	sinal de igualdade (é igual a)
/ —	traço de fração
$>$	maior que
$<$	menor que
"	polegada
$^\circ$	grau(s)
'	minuto(s)
"	segundo(s)

Figura 8. Sinais matemáticos (BRASIL, 2018)

Vale ressaltar, que o Sistema Braille é continuamente alvo de estudos com intuito de ampliar o número de representações.

É válido destacar que no Brasil, esse sistema foi implementado em 1854, trazido por um jovem cego em 1850, José Álvares de Azevedo, tendo ele estudado no mesmo instituto em que Louis Braille na França. Por meio do ato do Imperador D. Pedro II, o sistema foi adotado na primeira escola para cegos da América Latina no Imperial Instituto dos Meninos Cegos, atual Instituto Benjamin Constant, na cidade

do Rio de Janeiro. Além disso, a Lei nº 4169 de 04 de dezembro de 1962, publicada no Diário Oficial da União (DOU) de 11 de dezembro de 1962, denota o Braille como o sistema de leitura e escrita dos cegos, sendo o Brasil o único país que o reconheceu e o oficializou desta forma (Garcia, 2010).

;	vírgula
:	ponto e vírgula
:	dois-pontos
.	ponto
?	ponto de interrogação
!	ponto de exclamação
...	reticências
-	hifen ou traço de união
—	travessão
.	círculo
( )	abre e fecha parênteses
{ }	abre e fecha colchetes
“ ”	abre e fecha aspas
« »	abre e fecha aspas angulares
‘ ’	abre e fecha aspas simples
*	asterisco
&	economercial
/	barra
	barra vertical
→	seta para a direita
←	seta para a esquerda
↔	seta de duplo sentido

Figura 9. Sinais de pontuação e outros sinais acessórios (BRASIL, 2018).

- sinal de maiúscula
- sinal de minúscula em todas as palavras
- sinal de série de palavras com todas as letras maiúscula
- sinal especial de translineação matemática
- sinal restituidor de um significado original de um símbolo
- sinal de número
- sinal de expoente ou índice superior
- sinal de índice inferior
- sinal de itálico, negrito ou sublinhado
- sinal de transpaginação

Figura 10. Sinais exclusivos Braille (BRASIL, 2018).

Ainda assim, é por meio do Sistema Braille que fica explícito a relevância da sua adoção para o desenvolvimento de ensino-aprendizagem dos deficientes visuais. Ademais, possibilitar mecanismos modernizados e acessíveis em custo, para melhorar suas condições de ensino respeitando inteiramente suas circunstâncias e buscando proporcionar mais autonomia e inclusão, tem sido crescente no âmbito tecnológico.



## TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E O BRAILLE

Bersch & Tonolli (2006), definem a Tecnologia Assistiva pela sigla TA, utilizado para identificar os recursos e serviços que contribuem para proporcionar autonomia e ampliar habilidades de pessoas com deficiência, e consequentemente promover uma vida mais independente e maior inclusão social. Para os deficientes visuais as tecnologias contemplam os sentidos, da visão, da audição e do tato.

No campo da audição, o trabalho de Santos (2017) com base em Sá (2007) considera de suma importância os leitores de tela, julgando a relação dos cegos com os computadores até mais revolucionário do que o próprio Sistema Braille. Como exemplificação, traz-se um Sistema denominado DOSVOX que se comunica com o usuário através de síntese de voz permitindo que deficientes visuais utilizem um microcomputador comum (PC) para desempenhar uma série de tarefas o que aumentaria a independência no estudo e no trabalho (Figura 11).



Figura 11. Tela inicial do Sistema DOSVOX (ITARD, 2017).

Outro exemplo é o Virtual Vision, que é apresentado como uma solução definitiva para as pessoas com deficiência visual tenham a possibilidade de utilizar com autonomia o Windows, o Office, o Internet Explorer e outros aplicativos, através da leitura dos menus e telas desses programas por um sintetizador de voz (Figura 12). É possível encontrar inúmeros sistemas semelhantes aos citados acima e além deles o reconhecimento por voz, a audiodescrição e a digitação por voz também são aplicados.



Figura 12. Sistema Virtual Vision (VIRTUAL VISION, s.d.).

Acerca das tecnologias visuais considera-se a perda parcial da visão e aptidão para realizar leituras

mesmo que com dificuldade. Ainda no trabalho de Santos (2017) é identificado a descrição de alguns mecanismos como os Ampliadores de Tela (Figura 13), que compreende em ampliar uma certa área da tela destacando informações para visualização ou leitura e a utilização de Alto Contraste que consiste em colocar o alto contraste da tela para reduzir a gama de cores apresentadas o que auxilia na percepção do conteúdo exibido em tela.



Figura 13. Ampliador de Tela (CIVIAN, 2019).

Embora as tecnologias auditivas e visuais (no caso de perda parcial da visão) sejam de grande relevância para o auxílio na vida social e acadêmica dos deficientes visuais, são as tecnologias táteis que possuem os métodos mais expressivos para ensino-aprendizagem do Braille, visto que suas funcionalidades podem ser acessadas tanto por deficientes parcialmente cegos quanto aqueles com cegueira total.

Em Santos (2017), é exposto as principais tecnologias focadas no sentido tático. Os livros periódicos, revistas, artigos e outros em Braille, se destacam por possuir peculiaridades, como o caso da descrição de imagens ao invés obviamente de uma imagem, o que necessita de um alta capacidade de detalhamento, que descreve para colocar em palavras exatamente o que a imagem retrata. Há também desenhos feitos com linhas bem definidas permitindo que pontos Braille representem os contornos, linhas e figuras, aumentando a percepção de tamanho de forma, de posição, dentre outras características.

Para o desenvolvimento desses métodos que utilizam principalmente o tato, é preciso também o aperfeiçoamento dos instrumentos em que se baseiam esses métodos. As Impressoras Braille passaram a ser foco de aprimoramento, tendo várias versões sido desenvolvidas com o intuito de estender o acesso dos deficientes visuais a livros e qualquer conteúdo escrito.

Os cegos que possuem a fluência do Sistema Braille podem ampliar sua autonomia utilizando os Displays Braille (Figura 14), que tem o fim principal de reduzir o uso de leitores digitais e impressões, porém não são nada efetivos se for considerado para uso no aprendizado do braille. Encontra-se também os Teclados Braille (Figura 15), que possuí certa semelhança com que é buscado nessa revisão



bibliográfica, uma vez que seu funcionamento ocorre por meio de células que possuem seis pontos preenchidas de várias formas. Em que cada combinação corresponde a uma letra ou número.



Figura 14. Display Braille (CEVAP, 2016).



Figura 15. Teclado Braille (EXPO, s.d.).

Contudo, Silva (2009), por meio de uma pesquisa realizada na instituição Lar Escola Santa Luzia para Cegos, localizada na cidade de Bauru, São Paulo com 11 deficientes visuais apontou que o preço para o acesso a softwares leitores de tela é muito elevado. Ademais, a maior parte dos trabalhos revelou que o acesso a computadores acontece somente na escola para deficientes e com dificuldade para manipulá-los, sendo que a maior dificuldade está na acessibilidade para o uso da internet. Dessa forma, o custo de aquisição dessas tecnologias assistivas para cegos converte-se no maior desafio tanto para quem produz quanto para quem necessita. Assim, buscando solucionar este empecilho e justificar o levantamento realizado acerca do tema, os trabalhos designados apresentam idealizações de projetos de tecnologias assistivas com custo reduzido reservados a promover a acessibilidade e autonomia do deficiente visual, além de auxiliar no ensino-aprendizado do Braille. Nos resultados obtidos, encontram-se 9 projetos que partem desde da estruturação de uma célula Braille (Figura 16) até a elaboração do software e programação do código que vai efetuar o acionamento dessa célula.

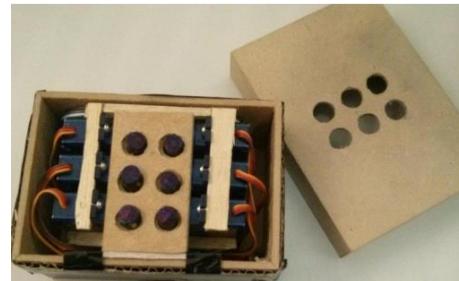


Figura 16. Protótipo de célula Braille (XAVIER et al., 2019).

Um dos grandes aliados para realização desses projetos é a placa de prototipagem Arduino, que é um mecanismo bastante vantajoso em preço e na facilidade de programar (Figura 17). Além disso, outros materiais elétricos como atuadores, módulos reguladores de tensão, baterias são muito explorados, para mais materiais recicláveis como madeira e papelão também são aproveitados conseguindo garantir um custo menor na produção o que geraria consequentemente uma atenuação nos preços de obtenção do produto. Deste modo, associados a esse dispositivo encontra-se o desenvolvimento de aplicativos, principalmente para celulares voltados a promover certa autonomia do usuário.

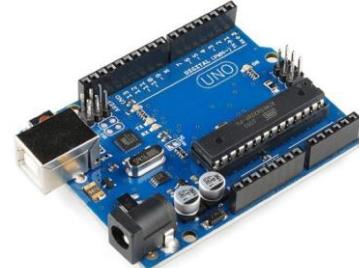


Figura 17. Arduino (FILIPE FLOP, s.d.).

O projeto de Xavier et.al (2019), fomenta a utilização de programa de voz no seu aplicativo em conjunto com o sentido tátil (Figura 18), enquanto Permenkes (2019) foca na utilização total do sentido tátil (Figura 19), que consiste na leitura dos caracteres convertidos em Braille, sendo este o trabalho que mais se aproximou do objetivo desta busca bibliográfica.



Figura 18. Aplicativo com programa de voz (XAVIER et. al, 2019).



Figura 19. Dispositivo Tátil (PERMENKES, 2019).

## CONCLUSÃO

Durante a busca bibliográfica, foi possível identificar trabalhos científicos com foco na redução de custos e no desenvolvimento de tecnologias assistivas para deficientes visuais. A partir dos levantamentos dos trabalhos, foi possível verificar que a demanda dessas tecnologias é um tema que está tomando visibilidade e promovendo grande interesse na criação e aperfeiçoamento de metodologias utilizando-se materiais que possam reduzir o custo de produção e consequentemente baixar o custo de aquisição, além de em sua maioria terem contribuído diretamente no atendimento eficiente das necessidades dos deficientes visuais proporcionando mais autonomia e inclusão. Além disso, através das informações coletadas está sendo possível adquirir uma base para formulação de um projeto futuro voltado em desenvolver uma cela braille de baixo custo para conversão de caracteres em linguagem braille para cegos mediante a utilização de plataforma de prototipagem Arduino e outros componentes elétricos e recicláveis que poderão compor o dispositivo. Assim, nota-se o potencial dessas tecnologias assistivas em auxiliar pessoas cegas tanto no âmbito acadêmico quanto no cotidiano, sendo necessário a expansão de projetos voltados a temática.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) pelo apoio à realização deste trabalho, por meio da disponibilidade do espaço acadêmico para o desenvolvimento do conteúdo do projeto.

## REFERÊNCIAS

A.C Louis Braille – Associação de Cegos Louis Braille. **Louis Braille.** Disponível em: <<https://www.aclouisbraille.org.br/sobre-nos>>. Acesso em: 27 de abril de 2022.

BAPTISTA, J. A. L. S. **A invenção do Braille e a sua Importância na Vida dos Cegos.** Lisboa: Gráfica, v. 2000, n. 9, 2000.

BERSCH, R.; TONOLLI, J. C. **O que é Tecnologia Assistiva?** Disponível em: <<http://www.bengalalegal.com/tecnologia.php2006>>. Acesso em: 20 de junho de 2022.

BRAGA, J.; JR, A. C. Estudo e relato sobre a

utilização da tecnologia pelos deficientes visuais. **Proceedings of the 11th ...**, vol. 5138, no. January, p. 37–46, 2012. DOI 10.13140/RG.2.2.21979.98083. Available at: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2393542>.

CEPEC - Centro Profissional de Educação Continuada. **Formação Continuada Deficiência Visual.** 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/10545632-Texto-03-formacao-continuada-deficiencia-visual.html>. Acesso em: 12/07/2022.

CEVAP – Centro de Estimulação Visual e Apoio Pedagógico. **Holy Braille.** 2016. Disponível em: <https://cevapblumenau.wordpress.com/2016/07/28/holy-braille/>. Acesso em: 20 de junho de 2022.

CIVIAN – Tecnologia Assistiva. **Educação Inclusiva.** 2019. Disponível em: <https://tecnologiaassistiva.civiam.com.br/produto/video-ampliador-cctv-completo-de-mesa/>. Acesso em: 19 de junho de 2022.

CONDE, A J M. Deficiência Visual: A Cegueira e a Baixa Visão. s.l., 2012. Disponível em <<http://www.bengalalegal.com/cegueira-e-baixa-visao>>. Acesso em 18 de abril de 2022.

CONFECÇÃO, E.; RECURSOS, E. U. D. E.; ADAPTADOS, D.; BIZ, V. A. “Processo de inclusão de alunos deficientes visuais na rede regular de ensino: confecção e utilização de recursos didáticos adaptados”,. **Núcleo de Ensino/PROGRAD,** , p. 445–454, 2002. Available at: <http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2003/Processo de inclusao de alunos deficientes visuais.pdf>.

DA SILVA, Artur Olímpio F. Gonçalves. O sistema braille—um meio fundamental para a inclusão sócio profissional das pessoas cegas. Revista Lusófona de Economia e Gestão das Organizações, n. 1, 2015.

FILIPE FLOP. **Placa Uno R3 + Cabo USB para Arduino.** s.d. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino/>. Acesso em: 21 de junho de 2022.

FERREIRA, J. D. S.; DE MESQUITA, H. L.; ARAGÃO, D. M. D. O.; BASTOS, C. D. A. O sistema imunológico e a autoimunidade. **Revista Científica do UBM,** no. 83, p. 40–58, 2021. <https://doi.org/10.52397/rcubm.v20i39.950>.

GARCIA, M. C. G. C. F. N. BRAILLE: SISTEMA DE COMUNICAÇÃO ALTERNATIVA Maria. **Revista Educação,** vol. 2, p. 97–107, 2010. .



HISTÓRIA, N. P. D. E. **Irtual de.** [S. l.: s. n.], 1967.

IBC - Boletim Centro de Estudos e Pesquisas do Instituto Benjamim Constant. **A Importância do Sistema Braille para a Educação Inclusiva.** 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/ibc/pt-br/pesquisa-e-tecnologia/centro-de-estudos-e-pesquisas-do-ibc-1/boletins/2015/boletim-jan-fev.pdf>. Acesso em: 12/07/2022.

IBC - INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT. **Institutos Federais formam treinadores e instrutores de cães guias.** s.l. 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

ITARD – Instituto Itard. **Como utilizar o DOSVOX em sala de aula?** 2017. Disponível em: <https://como-utilizar-o-dosvox-em-sala-de-aula-pratica-para-professores/>. Acesso em: 18 de junho de 2022.

KARNAL, A. R. O uso do braille eletrônico para a alfabetização de cegos. **Anais do IX Encontro do CELSUL,** , p. 1–8, 2010. Available at: [http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/7861391/adriana\\_karnal.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1484403546&Signature=2cBV8FIKTQbaGw2TlCeM%2FtL%2FU%3D&response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DO\\_USO\\_DO\\_BRAILE\\_ELETTRONICO\\_PARA](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/7861391/adriana_karnal.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1484403546&Signature=2cBV8FIKTQbaGw2TlCeM%2FtL%2FU%3D&response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DO_USO_DO_BRAILE_ELETTRONICO_PARA).

KASTRUP, V.; SAMPAIO, E.; ALMEIDA, M. C. de; CARIJÓ, F. H. **O aprendizado da utilização da substituição sensorial visuo-tátil por pessoas com deficiência visual: primeiras experiências e estratégias metodológicas.** Psicologia & Sociedade, vol. 21, no. 2, p. 256–265, 2009. <https://doi.org/10.1590/s0102-71822009000200013>.

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

LEMOS, E. R.; CERQUEIRA, J. B. **O Sistema Braille no Brasil.** s.l, s.d.

MARQUES, J. **DISPOSITIVO PARA ACESSIBILIDADE EM BRAILLE NO CONTEXTO DE Assis / SP Assis / SP.** 2018.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DA CULTURA - MEC, BRASIL. **Saberes e Práticas da Inclusão - dificuldades de comunicação e sinalização:**

**Surdocegueira / múltipla deficiência sensorial.** Brasília: 2006, Secretaria de Educação Especial – MEC/SEESP.

NOWILL, Dorina de Gouvêa. Fundação Dorina Nowill para Cegos In: **Do sentido... pelos sentidos... para o sentido /** Elcie F. Salzano Masini (org). Niterói: Intertexto; São Paulo: Votor, 2002

OLIVEIRA, G. B. De. **Braile Touch – Teclado Auxiliar.** , p. 1–4, 2012..

OLIVEIRA, P. H. A. de; MARQUES FILHO, L. A.; CHAVES, G. J. de A. P. Desenvolvimento De Um Dispositivo Para Aprendizagem Do Sistema Braille. **Robótica: O Virtual no Mundo Real,** , p. 20–32, 2020. <https://doi.org/10.22533/at.ed.0812024073>.

PERMENKES RI NO. 43 2019. Célula Mecatrônica Tateável para Interpretação de Caracteres Braille de Texto Digitalizado ou Sonoro para Portadores de Deficiência Visual. **Seminário de Excelência e Gestão de Tecnologia,** vol. 3, no. 2, p. 1–13, 2019.

PIMENTEL, A. X. e colaboradores. **Célula Mecatrônica Tateável para Interpretação de Caracteres Braille de Texto Digitalizado ou Sonoro para Portadores de Deficiência Visual.** Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 31 de outubro e 11 de novembro. Resende – RJ, 2016.

RAMIREZ, A. G.; FERNANDES, A. M. D. R.; PASINI, G. Sistema para Impressão de Textos em Braille. **Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação,** vol. 1, no. 5, 2016. Available at: <http://revistas.setrem.com.br/index.php/reabtic/article/view/140>.

ROSA, C.; SILVA, D. A.; XAVIER, J. D.; PEDROSO, L. O. Revista Gestão em Foco - Edição nº 9 – Ano: 2017. , p. 520–528, 2017.

SÁ, E. D. de, I. M. de Campos e M. B. C. Silva: **Atendimento Educacional Especializado - Deficiência Visual.** Editora Cromos, 2007.

SAC - SOCIEDADE DE ASSISTÊNCIA À CEGUEIRA. **A História de Louis Braille.** s.l, s.d. Disponível em: [http://www.sac.org.br/APR\\_BR1.htm](http://www.sac.org.br/APR_BR1.htm). Acesso em 15 de abril de 2022.

SANTOS, C. P.; ROQUE, S.; ELLWANGER, C.; TEIXEIRA, G.; ZAGO, E. **Conversor Braile : Um Apoio ao Processo de Alfabetização de Pessoas com Deficiência Visual.** , p. 10, [s. d.].

SANTOS, V. E. Universidade de Brasília UnBraille :



**Dispositivo Computacional de Baixo Custo para Apoio na Alfabetização em Braille de Pessoas com Deficiência Visual Universidade de Brasília UnBraille : Dispositivo Computacional de Baixo Custo para Apoio na Alfabetizaçã.** 2017. .

SEDÁN, P.; NASIONAL, B. A. Z.; DANA, L. P. L. D. A. N.; KEUANGAII, L.; BERAKTIIR, Y.; RELIEF, H.; HALL, J. K.; WEINBERGER, R.; MARCO, S.; STEINITZ, G.; MOULA, S.; ACCOUNTANTS, R. P.; REPORT, A. A. S.; ACCOUNTING, F.; KEUANGAN, L. P.; SALDO, J.; BERSIH, D.; LI, H.; ... EDDY, S. A. No Title. **Journal of Chemical Information and Modeling**, vol. 21, no. 1, p. 1–9, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101607%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ijsu.2020.02.034%0Ahttps://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cjag.12228%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104773%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.04.011%0Ahttps://doi.o>.

SILVA, K. V. da. **A inclusão digital e as dificuldades do acesso à informação para pessoas com deficiência visual.** , p. 156, 2010. Available at: [http://bdm.unb.br/bitstream/10483/1220/1/2010\\_KarolineVieiraSilva.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/1220/1/2010_KarolineVieiraSilva.pdf).

SIQUEIRA, J. **BRAILLEÉCRAN : uma abordagem para entrada de texto em Braille para smartphones.** 2017. .

TAMURA, K. Y.; ZAGO, V.; PACIELLO, D. A.; DEDINI, F. G. **ESTUDO DE VIABILIDADE DE UM MECANISMO DE IMPRESSÃO BRAILLE POR MEIO DE AR COMPRIMIDO** . vol. 14, no. 1, 2006.

VIRTUAL VISION - Acessibilidade para pessoas com deficiência visual. **Sobre o Virtual Vision.** s.d. Disponível em: <https://www.virtualvision.com.br/>. Acesso em: 19 de junho de 2022.

XAVIER PIMENTEL AUGUSTO, A.; NASCIMENTO DE PAULA, H.; HENRIQUE DOS SANTOS DE PAULA, J. Célula Mecatrônica Tateável para Interpretação de Caracteres Braille de Texto Digitalizado ou Sonoro para Portadores de Deficiência Visual. **Seminário de Excelência e Gestão de Tecnologia**, 2019.