

Braille de Bolso: Um jogo digital portátil embarcado em uma placa Arduino

Matheus Augusto Souza dos Santos¹, Bruna dos Santos de Jesus¹, Marcelo Vera Cruz Diniz¹, Joacir Simões Ferreira¹

¹Curso Superior de Tecnologia em Jogos Digitais - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)

R. São Cristóvão, s/n - Novo Horizonte, Lauro de Freitas - BA, 42700-000 – Brazil

{msmsmatheusaugusto,brunasjifba}@gmail.com, {marcelodiniz,joacir.ferreira}@ifba.edu.br

Abstract. *This article aims to present a portable digital game designed to be embedded in a device integrated with an Arduino board. In the context of inclusion, its potential benefits for Braille alphabet learning and overcoming barriers faced by the target audience will be highlighted. To achieve this, a work methodology was adopted that involved the use of the spiral development model for game development, with initial prototyping on an online platform and later in a laboratory setting. The outcome of this work is a proof of concept for the ongoing game development, serving as a guide for future work in the implementation and validation phases.*

Keywords: *Braille, Portability, Arduino*

Resumo. *Este artigo tem como objetivo apresentar um jogo digital portátil, que será embarcado em um dispositivo integrado com uma placa Arduino. No contexto da inclusão, serão destacados seus benefícios potenciais para a aprendizagem do alfabeto Braille e a superação das barreiras enfrentadas pelo público alvo. Para isso, partiu-se de uma metodologia de trabalho que envolveu a adoção do modelo em espiral de desenvolvimento do jogo, com a prototipação inicialmente em uma plataforma online, e posteriormente em laboratório. Por fim obteve-se como resultado uma prova de conceito do jogo em desenvolvimento, guiando-se para trabalhos futuros na fase de implementação e validação.*

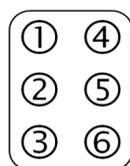
Palavras-chave: *Braille, Portabilidade, Arduino.*

1. INTRODUÇÃO

A inclusão de pessoas cegas ou com deficiência visual no ambiente educacional e profissional é um desafio persistente. No Brasil, de acordo com o Censo Escolar de 2022, há um número significativo de estudantes com deficiência visual matriculados em classes comuns na educação básica: 6.207 estudantes cegos, 77.232 estudantes com baixa visão e 548 estudantes surdocegos [Ministério da Educação 2023]. Esses dados ressaltam a necessidade de promover a inclusão e fornecer recursos adequados para o aprendizado e desenvolvimento desses estudantes.

No entanto, apesar da existência da Lei de Acessibilidade brasileira (Lei 10.098/200), que estabelece a obrigação das instituições de ensino tornarem suas tecnologias eletrônicas ou de informação acessíveis, a falta de recursos eficazes, especialmente para o ensino do Braille, que é definido como um sistema tátil de

representação de símbolos alfanuméricos compostos por pontos em relevo dispostos em células de seis pontos, ilustrada na Figura 1, dificulta o processo de aprendizagem de pessoas com deficiência visual, prejudicando a leitura e a escrita independente desses indivíduos [Ministério da Educação 2020].



Cela Braille

Figura 1. Representação da cela Braille.

Tendo em vista esse problema, da falta de recursos eficazes, a inclusão educacional e profissional das pessoas com deficiência visual, continua sendo um obstáculo significativo para a nossa sociedade. Isso representa uma lacuna que o Ministério da Educação (MEC) reconhece e busca preencher, promovendo o uso do Braille nos sistemas de ensino e fortalecendo a formação acadêmica e a autonomia dos estudantes com deficiência visual.

Neste cenário desafiador, surge o "Braille de Bolso", um jogo digital portátil incorporado em uma placa Arduino, que é uma placa de código aberto utilizada para prototipagem, como definido por Ciriaco (2015). Através dessa abordagem, é possível oferecer uma alternativa interativa, portátil e dinâmica para o ensino do Braille, com enfoque no público das pessoas cegas, surdocegas e com algum tipo de deficiência visual, com idade sugerida entre 6 a 25 anos, seja na escola, ou no mundo do trabalho.

Conforme abordado por Prensky (2012), os jogos digitais, por sua natureza interativa e aspecto lúdico, estabelecem uma conexão significativa com os jogadores, tornando mais atraente a assimilação de conceitos, justificando assim a iniciativa mencionada neste trabalho. A integração da tecnologia de jogos digitais com o Arduino tem o potencial de transformar o processo de ensino do Braille, proporcionando aos estudantes uma experiência de aprendizado personalizada, motivadora e participativa, conforme cita Lemos et. al (2018).

O trabalho apresentado neste artigo tem como objetivo abordar, e colaborar com a mitigação da escassez de recursos eficazes para o ensino do Braille, se apresentando como uma ferramenta alternativa auxiliar. Através dessa proposição, visa-se proporcionar às pessoas alvo da pesquisa, um maior nível de independência no processo de aprendizagem do Braille.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para uma compreensão abrangente do projeto em questão, é essencial contextualizar os conceitos centrais da aprendizagem e da inclusão, a fim de destacar como eles se entrelaçam.

Através do que é apresentado por Tavares (2004), pode-se inferir e definir a aprendizagem, de modo geral, como o processo pelo qual os indivíduos adquirem conhecimento, habilidades e competências ao longo do tempo, desempenhando um papel ímpar no desenvolvimento humano.

Por sua vez, Mantoan e Prieto (2003) explicam que a inclusão é um princípio fundamental que visa garantir igualdade de oportunidades e participação em todas as esferas da sociedade, independentemente das diferenças individuais, sobretudo em ambientes educacionais.

Compreendendo os conceitos centrais da aprendizagem e da inclusão, é possível estabelecer uma visão mais abrangente acerca da relevância do projeto em questão. Sendo o processo de aprendizagem, uma etapa fundamental na aquisição de conhecimento e habilidades ao longo do tempo. Ela pode ocorrer de várias maneiras, desde a absorção passiva de informações até a participação ativa em experiências práticas, conforme cita Lemos et. al (2018).

Nesse contexto, os jogos digitais emergem como ferramentas poderosas que se entrelaçam com esses conceitos. Conforme evidenciado por Ramos e Cruz (2018), eles oferecem uma plataforma interativa que pode ser adaptada para atender às diversas necessidades de aprendizagem, criando uma experiência inclusiva para um público diversificado. Esses jogos podem ser projetados de maneira a promover a compreensão de conceitos complexos de forma acessível e com exigência de níveis mais baixos de carga cognitiva do jogador, o que é particularmente relevante para a inclusão de pessoas com deficiência visual, em consonância com o trabalho apresentado por Prensky (2012).

A acessibilidade nos jogos digitais pode ser alcançada de diversas formas, entre elas pode-se destacar a incorporação de recursos de áudio, como feedbacks sonoros, e também recursos sensoriais táteis, que auxiliam na compreensão de determinados eventos e na interação para pessoas com deficiência visual, tais ações como as mencionadas permitem transpor barreiras de usabilidade do produto, conforme citado por Belli e Alves (2019).

Dentro desse contexto, este projeto torna-se relevante, ao abordar diretamente as barreiras enfrentadas por pessoas cegas, surdocegas e deficientes visuais na aprendizagem do Braille, fundamental para sua integração na educação e no mundo do trabalho. Este jogo digital não apenas busca promover a aprendizagem, de forma interativa, do alfabeto Braille, mas também exemplifica como os jogos podem ser uma ferramenta inclusiva e poderosa.

Em suma, a aprendizagem, a inclusão e os jogos digitais estão intrinsecamente relacionados. Os jogos oferecem uma abordagem moderna e acessível para a aquisição de conhecimento e habilidades, contribuindo diretamente para a inclusão de pessoas com deficiência visual, como proposto pelo projeto em questão. A combinação desses elementos pode resultar em avanços significativos na promoção da igualdade, de oportunidades, de aprendizagem e participação mais ativa nas atividades cotidianas da sociedade.

3. PROJETOS CORRELATOS

Durante a fase de desenvolvimento do projeto "Braille de Bolso", conduziu-se uma pesquisa para identificar trabalhos correlatos ou com abordagens similares voltados ao público-alvo do referido projeto. Nesse contexto de pesquisa, identificaram-se dois projetos que compartilham afinidades temáticas, e serão discutidos nos parágrafos subsequentes.

Em sua pesquisa, Daré (2015) propôs o desenvolvimento de um protótipo de dispositivo computacional de baixo custo, intitulado "*Unbraille*", com foco na alfabetização em Braille para pessoas com deficiência visual. Seu objetivo primordial foi criar uma ferramenta auxiliar que facilitasse a aprendizagem do Braille por meio de interações táteis e sonoras. Entretanto, uma limitação intrínseca a esse projeto reside na dependência de um dispositivo móvel, o que pode restringir a acessibilidade e a portabilidade da solução.

Por outro lado, o projeto "*Brailer*", conforme descrito por Santos (2017), propôs o desenvolvimento de um protótipo que atua como um conversor de texto (utilizando caracteres do alfabeto romano) para Braille, mediante a utilização de sistemas embarcados com o Arduino. O objetivo era contribuir para o acesso digital de pessoas com deficiência visual. A solução concebida incorporou recursos de hardware e software para viabilizar uma interação tátil, tornando a aprendizagem mais acessível. Contudo, uma limitação inerente a esse projeto consistia na necessidade de recursos externos, como cartões de papel, para a apresentação posterior dos símbolos do Braille no dispositivo desenvolvido.

Esses projetos apresentam méritos consideráveis como ferramentas auxiliares para o aprendizado do Braille. Não obstante, é essencial ressaltar que ambos apresentam limitações específicas, tais como a dependência de dispositivos externos ou a necessidade de materiais adicionais. O projeto "*Braille de Bolso*" procura superar essas restrições ao oferecer uma solução portátil e interativa que conjuga a tecnologia de jogos digitais com a placa Arduino, proporcionando uma experiência de aprendizado do Braille mais autônoma e envolvente para as pessoas com deficiência visual.

4. O JOGO PROPOSTO

4.1 Conceito do Jogo

O jogo "*Braille de Bolso*" possui dois modos de jogo: modo Letras e o modo Palavras. O modo Letras apresenta de forma gradativa o alfabeto para pessoa portadora de necessidade especial, e dessa forma ela poderá se ambientar com a plataforma desenvolvida. Para acrescentar um desafio e aumentar a experiência dos(as) jogadores(as), foi adicionado um temporizador para medir o tempo o tempo disponível para que a sequência de caracteres seja definida pelo(a) jogador(a). Caso a sequência não seja definida dentro do intervalo de tempo determinado (60s), ele perde o jogo. Neste cenário, recomenda-se iniciar o aprendizado pelo modo das Letras.

Uma vez que o(a) jogador(a) estiver ambientado(a), com o uso e funcionamento do jogo, é recomendado que ele(a) parta para o modo Palavras. Objetivando a ampliação do vocabulário do(a) jogador(a), o "*Braille de Bolso*" utiliza como base o método analítico-sintético evidenciado por Soares (2016), conferindo uma experiência de aprendizagem baseada em palavras e no alfabeto.

As palavras escolhidas são curtas entre quatro a cinco caracteres, exemplo "*Casa*", "*Amor*", "*Água*" e "*Ajuda*". Essa escolha tem o objetivo de oferecer ao jogador(a) uma experiência que não seja excludente, devido ao fato das pessoas possuírem diferentes capacidades motoras. Além disso, não há limitação de idade

para utilizar o dispositivo e jogar o “Braille de Bolso”. Com isso, inserir palavras longas, ou complexas, poderia gerar desconforto para alguns jogadores, e prejudicar o processo de aprendizagem dessas pessoas.

4.1.1 Progressão do jogo

Com base no que Ebbinghaus (2013) evidenciou em seu trabalho, o cérebro humano possui preferência por memórias recentes que estejam em constante utilização pelo indivíduo. Além disso, a partir de seus estudos, desenvolveu o conceito da curva de esquecimento que se deu uma representação gráfica da relação da retenção da informação com o tempo decorrido da aprendizagem. Diante desse contexto, elaborou-se a progressão do jogador no jogo.

O jogador progride no jogo toda vez que acertar a sequência de símbolos, no tempo que for estipulado. Por exemplo, considerando o cenário que o algoritmo do jogo tenha sorteado a letra “X”, o jogador deverá pressionar em ordem da coluna esquerda para a direita, assim como se deve ler a cela Braille, os quatro “símbolos” equivalentes à disposição que compõem a letra. Em caso do “modo Letra” estar ativo, uma nova letra é escolhida, fazendo com que o vocabulário do usuário aumente com o passar do tempo.

No modo Palavras que exige uma desenvoltura maior por parte da pessoa, pois serão alguns caracteres sequenciais, que a mesma terá acesso, um após o outro, apenas se acertar a sequência no tempo pré definido. Caso erre três vezes, perde o jogo e volta ao estado inicial.

4.2 Prototipações

A partir das orientações metodológicas do modelo em espiral de Boehm, apresentado por Pressman e Maxim (2021), que define o plano de trabalho em etapas, que vão desde definição de objetivos até a implementação e validação da proposta a ser estudada, definiu-se as ações e tarefas a serem desenvolvidas no projeto, no tocante às suas prototipações. Nos primeiros momentos de trabalho, a equipe de desenvolvimento trabalhou na definição da arquitetura funcional de uma ferramenta portátil que poderia ser utilizada como ferramenta auxiliar no processo de aprendizagem do alfabeto Braille. Tendo em vista esse objetivo, foram iniciadas as prototipações. A Figura 2 apresenta o primeiro protótipo físico do circuito utilizado no “Braille de Bolso”.

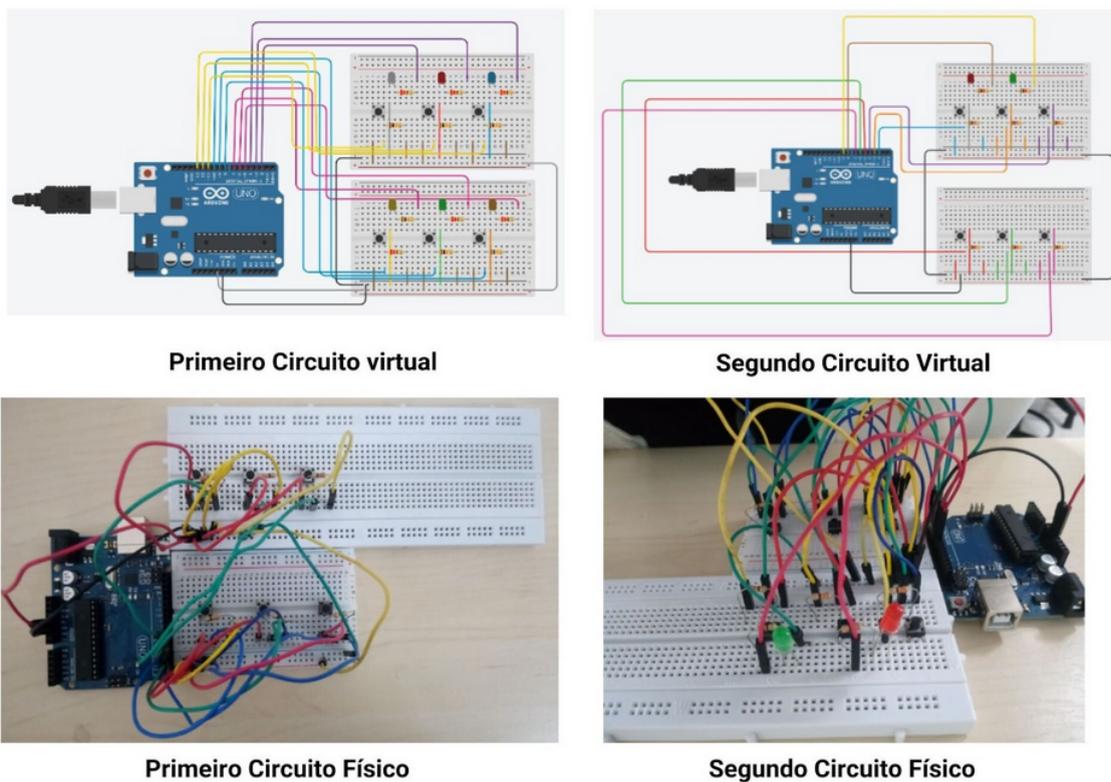


Figura 2. Protótipos iniciais. Circuitos construídos na plataforma online Tinkercad e circuitos físicos construídos em laboratório

Para a confecção dos protótipos físicos com a placa Arduino, inicialmente fez-se a testagem e a esquematização do circuito na plataforma web online Tinkercad, cuja funcionalidade principal é construir prototipação de projetos, nesse caso especial, com Arduino. Conforme ilustra a Figura 2, utilizou-se alguns materiais para o primeiro circuito físico:

- 2 placas de ensaio (*protoboard*): Essas placas são utilizadas como plataforma para montar o circuito;
- 6 botões táteis (*push button*): Esses botões *push button* representam os pontos usados para formar as letras em Braille;
- 6 LEDs: Inicialmente usados para indicar o funcionamento do circuito;
- 1 placa de Arduino: Esta placa contém o código e lida com a comunicação tanto dos botões;
- 12 resistores: 6 deles são usados para os LEDs e os outros 6 para os botões *push button*. Eles estabilizam as voltagens que passam da placa para os elementos do circuito;
- 34 fios *jumper*: Isso inclui 6 fios para os LEDs, 6 fios para os resistores dos LEDs, 12 fios para os botões *push button*, 6 fios para os resistores dos botões *push button*, 2 fios para conectar a alimentação de 5v do Arduino para o protoboard e, 2 fios para conectar os pólos de alimentação de 5v de um protoboard ao outro.
- 1 computador: Utilizado para desenvolver a versão inicial do algoritmo do jogo.

- Motor de jogo Unity: Utilizada como intermediadora para desenvolver a versão inicial do algoritmo do jogo e receber informações da placa de ensaio.

De forma similar foi feito para o segundo protótipo físico, inicialmente fez-se a esquematização no Tinkercad, depois partiu-se para a implementação física, porém com uma diferença notável, já pensando na portabilidade do jogo: executar a primeira versão inteiramente jogável na placa Arduino, sem uso de recursos externos como o motor de jogos Unity. Como demonstrado pela Figura 2.

Por meio das prototipações, foi possível realizar testes de conceito, validar as ideias iniciais e verificar que era viável propor a construção do projeto final, que, de fato, tem um caráter portátil, acessível e de baixo custo por conta de seus materiais utilizados. Uma vez que a versão inicial do jogo, executou com êxito na primeira prototipação física, e na segunda prototipação física, partiu-se para a construção do modelo 3D do dispositivo que embarca o jogo “Braille de Bolso”, conforme a será descrito na próxima seção.

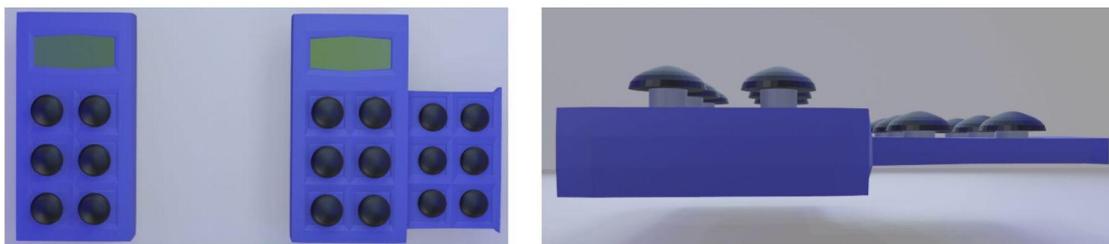


Figura 3. Representação em Modelo 3D do Dispositivo com Arduino Integrado destinado a embarcar o jogo "Braille de Bolso", com a visão superior apresentada à esquerda e a visão lateral à direita

4.2.1 Concepção do Dispositivo Final

Uma vez que os requisitos para a aplicação foram definidos, a partir dos testes de aplicação realizados na etapa de prototipação, a equipe de desenvolvimento concebeu um modelo tridimensional do dispositivo, compacto, (ilustrado na Figura 3), projetado para caber facilmente em um bolso. Daí surgiu o nome "Braille de Bolso". A ideia por trás desse nome é transmitir a portabilidade e praticidade do dispositivo, permitindo que as pessoas com deficiência visual possam ter acesso ao sistema Braille de forma conveniente e em qualquer lugar. O "Braille de Bolso" foi projetado para ser um companheiro móvel, tornando o aprendizado e a prática do Braille acessíveis e disponíveis a qualquer momento, proporcionando independência e empoderamento aos usuários.

O dispositivo possui uma pequena tela embutida, que servirá como referência para pessoas sem deficiência visual ou com necessidades visuais diferentes, permitindo que elas acompanhem o processo de aprendizagem do jogador. Nesse visor, será exibida a letra atual que o jogador deve preencher, bem como os resultados, indicando se o jogador está acertando, errando ou progredindo no jogo.

Na parte externa superior do dispositivo, estão estrategicamente posicionados seis botões *push button*, dispostos de forma a permitir que a pessoa os pressione na ordem correta, reproduzindo em conformidade com a sequência de pontos do Braille. Esses botões *push button* são sensíveis ao toque e fornecem *feedback* tátil ao jogador.

Dentro do dispositivo, foi incorporado um compartimento semelhante a uma gaveta, que comporta pequenos pinos, similares aos botões externos. Esses pinos serão ativados por bobinas, por meio do algoritmo do jogo, proporcionando uma experiência tátil realista e imersiva para o jogador ao reproduzir os pontos em Braille.

4.3 Jogabilidade

O jogador terá acesso a um conjunto de desafios baseados no sistema de pontos em Braille. Cada desafio consiste em uma sequência de pontos que juntos representam uma determinada letra, ou palavra em Braille. A interação com o jogo ocorre através de botões estrategicamente posicionados na superfície de uma caixa compacta, que contém o circuito do Arduino, representado pela Figura 3. Essa abordagem permite que as pessoas com deficiência visual possam explorar o mundo do Braille de forma tátil, estimulando seu aprendizado de maneira envolvente e agradável.

Para escolher o modo de jogo, de letra o jogador deverá pressionar o botão equivalente a letra “A” na cela Braille, no caso seria o primeiro botão da coluna esquerda. Entretanto, se o jogador optar por iniciar o modo de palavras, ele deverá pressionar os botões que se equivalem à letra “B” na cela Braille (os dois primeiros da coluna esquerda).

O jogador também terá um *feedback* sensorial emitido por um sensor de vibração que será utilizado para dizer em qual estado de jogo a pessoa se encontra. Seriam os estados:

- Acerto: Serão emitidas vibrações por três vezes consecutivas.
- Erro: Serão emitidas vibrações por duas vezes consecutivas.
- Nível alterado: Será emitida uma única vibração.

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O projeto encontra-se em uma fase avançada de desenvolvimento, com a prova de conceito sendo realizada por meio da prototipação física do jogo, totalmente funcional na placa Arduino. O próximo passo é avançar para a etapa de produção, que envolverá a impressão 3D da caixa e a montagem de todo o dispositivo, a fim de acomodar a placa Arduino e os circuitos necessários para o correto funcionamento do jogo. Após a conclusão dessa etapa, o dispositivo será submetido a testes e validação com pessoas cegas e com deficiência visual, a fim de garantir sua eficácia e usabilidade.

A validação junto ao público-alvo é de extrema importância para aprimorar o projeto, pois permitirá coletar *feedbacks* valiosos e realizar ajustes necessários para garantir uma experiência otimizada. As opiniões e sugestões do público alvo serão levadas em consideração para aperfeiçoar a jogabilidade, o *feedback* sensorial

e quaisquer aspectos que possam contribuir com o aprimoramento da acessibilidade, e o aprendizado do sistema Braille.

Além disso, como trabalhos futuros, pretende-se explorar a possibilidade de incorporar tecnologias adicionais, como a integração com dispositivos móveis, para ampliar ainda mais a interatividade e acessibilidade do jogo. Também serão realizados estudos para expandir a biblioteca de desafios e atividades disponíveis, proporcionando aos usuários uma variedade de opções de aprendizado e prática do Braille.

Dessa forma, o projeto "Braille de Bolso" está comprometido em oferecer uma proposta inovadora e com potencial para contribuir com a aprendizagem do sistema Braille, visando promover a inclusão e o empoderamento das pessoas com deficiência visual. O contínuo desenvolvimento e aperfeiçoamento deste trabalho contribuirão para a criação de um ambiente inclusivo e igualitário, permitindo que mais pessoas tenham acesso à educação e ao conhecimento, independentemente de suas limitações visuais.

REFERÊNCIAS

- Belli, M., & Alves, A. G. (2019). "Acessibilidade em jogos para dispositivos móveis." In XVIII SBGames – Rio de Janeiro – RJ – Brasil, 28 de outubro.
- Ciriaco, D. (2015). "O que é Arduino?". Disponível em: <https://canaltech.com.br/hardware/o-que-e-arduino/>. Acesso em: 16 de Maio de 2023.
- Daré, E., Figueiredo, J. A. O. (2015). "UnBraille: Dispositivo Computacional de Baixo Custo para Apoio na Alfabetização em Braille de Pessoas com Deficiência Visual". Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/18131/1/2017_ViniciusEmilianoDosSantos_tcc.pdf. Acesso em: 12 de Maio de 2023.
- Ebbinghaus, H. (2013). "Memory: A contribution to experimental psychology". *Annals of neurosciences*, 20(4), 155.
- Lemos, C. F., Moraes, C. D., Pascotini, M. T., & Colusso, P. R. (2018). "Metodologia de desenvolvimento de jogos digitais como objetos de aprendizagem para Educação a Distância (EaD)." In XVII SBGames – Foz do Iguaçu – PR – Brasil
- Mantoan, M. T. E., & Prieto, R. G. (2003). "Inclusão escolar: o que é". *Por quê*, 12.
- Ministério da Educação (MEC). (2020). "Conheça o programa de livros didáticos para estudantes com deficiências visuais". Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/205-1349433645/88051-conheca-o-programa-de-livros-didaticos-para-estudantes-com-deficiencias-visuais>. Acesso em 16 de Maio de 2023.
- Ministério da Educação (MEC). (2023). "Dia Mundial do Braille traz debate sobre acessibilidade para cegos". Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/dia-mundial-do-braille-traz-debate-sobre-acessibilidade-para-cegos>. Acesso em 16 de Maio de 2023.
- Prensky, M. (2012). "Aprendizagem baseada em jogos digitais". São Paulo: Senac-SP.

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2021). “Engenharia de software-9”. McGraw Hill Brasil.

Ramos, D. K., Cruz, D. M. (2018). "A tipologia de conteúdo de aprendizagem nos jogos digitais." In: Ramos, D. K., Cruz, M. M. (eds.) Jogos digitais em contextos educacionais. Curitiba, PR: CRV, v. 1, p. 21-45.

Santos, V. E. (2017). “Brailler, conversor de textos para Braille no Arduino”. Disponível em:<https://painel.passofundo.ifsul.edu.br/uploads/arq/201603311901051031261667.pdf>. Acesso em: 12 de Maio de 2023.

Soares, M. (2016). “O problema não é o método de alfabetização, é alfabetizar sem método”, Cadernos Cenpec – Pesquisa e Ação Educacional, vol. 6, n.1.

Tavares, R. (2004). “Aprendizagem significativa”. Revista conceitos, 10(55), 55-60.