

Explorando Interfaces Tangíveis no Processo de Alfabetização: Uma Revisão Sistemática da Literatura

Eduarda Pereira Medeiros, Tiago Duarte Mackedanz, Lui Gill Aquini, Laura Quevedo Jurgina, Tiago Thompsen Primo, Leomar Soares da Rosa Júnior

¹Centro de Desenvolvimento Tecnológico - Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)
R. Gomes Carneiro, 01 - Porto - CEP 96010-610, Pelotas - RS, Brasil

{epmedeiros, tdmackedanz, lgaquini, lqjurgina, leomarjr, tiago.primo}@inf.ufpel.edu.br

Abstract. *This paper presents a systematic literature review that analyzes how tangible user interfaces are used to support literacy. This approach has proven effective in education due to the possibility of physical data manipulation, which strengthens children's understanding of the subject. Among the 657 works found in the last 5 years, 7 proposals that corresponded to the criteria sought were analyzed. The results indicate that the developed applications promote learning in an engaging manner and that special needs audiences would greatly benefit from the dissemination of alternative methods, such as those discussed in this work, promoting greater social inclusion.*

Resumo. *Este artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura que analisa como as interfaces tangíveis de usuário são utilizadas para apoiar a alfabetização. Essa abordagem tem se mostrado eficaz na educação devido à possibilidade de manipulação física de dados, o que fortalece a compreensão das crianças sobre o tema. Entre os 657 trabalhos encontrados nos últimos 5 anos, 7 propostas que correspondiam aos critérios buscados foram analisadas. Os resultados indicam que as aplicações desenvolvidas promovem o aprendizado de maneira envolvente e que públicos com necessidades especiais se beneficiariam grandemente da disseminação de métodos alternativos, como os discutidos neste trabalho, promovendo maior inclusão social.*

1. Introdução

O Brasil, como país do Sul Global, enfrenta desafios significativos na área da educação. No Programa Internacional de Avaliação de Estudantes de 2022, os resultados dos estudantes brasileiros ficaram abaixo das médias dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico em matemática, ciências e leitura [G1 2023]. Além disso, em 2024, apenas metade das crianças de 7 anos alcançou o nível de alfabetização esperado para essa idade [Planalto 2024]. Diante disso, torna-se relevante investigar o uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação que possam apoiar os processos cognitivos e explorar como essas ferramentas têm sido aplicadas atualmente.

Através de um questionário com o objetivo de fazer um levantamento de dados, foi possível contar com a participação de 43 mil professores brasileiros, constatando que

83% destes profissionais utilizam algum tipo de material digital em suas aulas, apesar de encontrarem dificuldades como a falta de infraestrutura necessária para abranger todos os alunos e a baixa capacitação dos docentes para promover atividades que requerem habilidades técnicas [Marques 2024]. Segundo Lazar (2015), a tecnologia educacional permite que a criança aprenda no seu próprio ritmo e promove um nível de interação que o modo tradicional de ensino não permite, razões as quais justificam o esforço para ampliar o seu uso em escala global [Lazar 2015].

Nesse contexto, a tangibilidade é uma característica importante, permitindo que a aprendizagem ocorra de forma descontraída e natural, como mostrou o trabalho de [Price et al. 2003]. As TUIs (*Tangible User Interfaces*) têm sido utilizadas como um intermédio entre a criança e a tecnologia, trazendo uma experiência multissensorial que possibilita novas formas de conhecimento. Estudos como [O'Malley and Fraser 2004] e [González-González et al. 2019] foram elaborados anteriormente, em 2004 e 2019, respectivamente, para analisar o uso das ferramentas tangíveis na educação. Enquanto ambas contribuições foram importantes, houveram limitações, por exemplo, [O'Malley and Fraser 2004] foi publicado duas décadas atrás e [González-González et al. 2019] não considerou trabalhos que não fossem escritos em inglês. Além disso, as revisões incluíram TUIs de todas as áreas de conhecimento.

A proposta deste trabalho é elaborar uma revisão sistemática sobre as aplicações das interfaces de usuário tangíveis na educação com foco na alfabetização e no aprendizado de linguagens. Existe um grande potencial no uso desses recursos, e um comparativo entre as aplicações promovidas por profissionais de diversos países pode gerar conclusões pertinentes e ideias para novas soluções com impacto positivo. Ademais, uma relação entre os trabalhos desenvolvidos no Brasil e no cenário internacional será buscada de modo a entender as semelhanças e diferenças entre soluções desenvolvidas em contextos diferentes. A pesquisa realizada será orientada pelas seguintes perguntas:

1. Quais TUIs para alfabetização foram desenvolvidas?
2. Como os trabalhos desenvolvidos se comparam uns com os outros?
3. Quais foram os impactos do uso das TUIs no processo de alfabetização?

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: A seção 2 apresenta o referencial teórico acerca dos conceitos principais do trabalho. A seção 3 explica a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho. A seção 4 mostra os resultados obtidos e as discussões relacionadas às informações coletadas. Por fim, a seção 5 expõe as conclusões sobre o que já foi feito e traz perspectivas para futuras pesquisas.

2. Referencial Teórico

Nessa seção, serão definidos os conceitos mais relevantes para a compreensão da revisão sistemática: Alfabetização e TUI.

2.1. Interfaces Tangíveis de Usuário (TUI)

As TUIs ou interfaces tangíveis de usuário são ferramentas capazes de representar informações digitais de modo palpável, o que concede ao usuário a capacidade de manipular o conhecimento com as próprias mãos. Os diferentes sentidos incitados pela aplicação facilitam o processo do aprendizado, estimulando o raciocínio sem provocar muito cansaço. Embora eletrônicos como o mouse e o celular possam ser considerados

tangíveis, o toque direto em uma representação de um objeto instiga a habilidade humana de encontrar soluções baseadas no manuseio de materiais físicos [Ishii 2008].

A revisão sistemática sobre TUIs feita por [O'Malley and Fraser 2004] mostra que esta abordagem vem sendo usada há anos como uma alternativa para ensinar conceitos de programação, matemática, linguística e diversas outras áreas. Por este motivo, é importante realçar o desenvolvimento de métodos educativos que utilizem este recurso, destacando a eficácia das interfaces tangíveis para incentivar o surgimento de mais tecnologias como as mencionadas pelo artigo.

As TUIs têm mostrado impacto no aprendizado de crianças, proporcionando uma abordagem mais interativa e engajante. Costa et al. (2023) apresentam o uso de mesas tangíveis em espaços de educação não formal, como museus e centros culturais. Eles indicam que essa adoção facilita a compreensão e retenção de conceitos complexos, observando que os dispositivos não apenas melhoraram a experiência de aprendizado dos usuários, mas também promoveram a colaboração e o uso de habilidades sensoriais diversas. Essa interação direta com objetos físicos ajuda a cristalizar o conhecimento de maneira prática e acessível, tornando as TUIs ferramentas consideráveis na educação moderna [Costa et al. 2023].

2.2. Alfabetização e as TUIs

O conceito de alfabetização está relacionado à habilidade de ler e escrever de um indivíduo, ou seja, à capacidade de relacionar os sons das sílabas a um agrupamento de letras que possui um significado [Soares 2004]. A alfabetização é contemplada em uma língua específica e quando uma nova linguagem é aprendida, o processo se repete e envolve a escrita, a oratória e a compreensão de palavras [Tarone and Bigelow 2013]. Essas características definem se uma pessoa é capaz de se comunicar com as demais e o domínio da linguística amplia esta capacidade.

As TUIs são apelativas para crianças na idade da alfabetização, pois o ensino ocorre de forma divertida e multissensorial [Shaer et al. 2010]. [Ryokai and Cassell 1999] desenvolveram um tapete que grava e reproduz histórias para auxiliar no desenvolvimento da linguagem oral e [Ananny and Cassell 2001] criou um brinquedo em formato de lagarta cujas seções armazenam até 20 segundos de áudio e podem ser reorganizadas de modo a contar uma história, instigando a habilidade linguística e a reflexão sobre a sequência lógica das palavras com a intenção de lidar com as dificuldades na escrita através do estímulo da fala.

As TUIs são exitosas na alfabetização de crianças, principalmente quando combinadas com tecnologias digitais. Um estudo de revisão sistemática revelou que o uso de tecnologias digitais no processo de alfabetização não só auxilia no aprendizado, mas também aumenta a motivação e o interesse dos alunos [Deitos and Aragón 2021]. Ferramentas como jogos digitais se mostraram efetivas, proporcionando um ambiente de aprendizado lúdico e interativo. Ainda, a formação adequada de professores para o uso dessas tecnologias é indispensável para maximizar os benefícios educacionais e promover uma alfabetização digital que prepare os alunos para as demandas da sociedade contemporânea. Tendo em vista estes exemplos, torna-se mais clara a motivação para explorar as aplicações recentes na área e o impacto que causam.

3. Metodologia

A revisão sistemática a seguir foi elaborada conforme as diretrizes estabelecidas por [Kitchenham 2004], portanto, três passos foram seguidos: O planejamento da revisão, onde a motivação da revisão é explorada e um protocolo a ser seguido é estabelecido; A condução da revisão, onde se identifica os tópicos a serem estudados, ocorre a seleção dos trabalhos primários e a avaliação destes, a extração e a síntese das informações obtidas; e o relatório da revisão, onde observações finais são elaboradas a fim de guiar pesquisas futuras.

Na busca por trabalhos relacionados aos temas buscados, a IEEE Xplore, Association for Computer Machinery (ACM), a Elsevier e a SBC Open Lib (SOL) foram as bases de dados exploradas. Como os trabalhos abordados pela revisão precisam ser tanto de interface tangível quanto relacionados ao aprendizado de linguagens, foram utilizadas diferentes strings de busca: "TUI"AND "literacy", "TUI"AND "education", "tangible"AND "literacy", "tangible"AND "education", "tangible" e "alfabetização". O período da busca foi delimitado de 2019 a 2024, visando concentrar a revisão nas propostas mais recentes.

Inicialmente, a seleção foi feita com base na avaliação dos títulos e dos resumos dos trabalhos encontrados conforme os seguintes critérios:

- Tipo de Estudo: Estudos empíricos que testam ou avaliam interfaces tangíveis.
- População Alvo: Estudos que focam especificamente em crianças em idade escolar.
- Contexto: Estudos conduzidos em ambientes escolares, como salas de aula ou laboratórios de informática escolares, laboratórios escolares ou makers.
- Interfaces Tangíveis: Estudos que envolvem o uso de tecnologia tangível, como recursos táteis, brinquedos interativos, ou tecnologia vestível.
- Resultados Relacionados à Alfabetização: Estudos que medem os efeitos das interfaces tangíveis sobre a alfabetização, incluindo leitura, escrita ou compreensão.

Além disso, foram desconsiderados os estudos que se enquadrem em algum dos critérios a seguir:

- Tipo de Publicação: Editoriais, comentários, revisões de literatura não sistemáticas e estudos de caso sem dados empíricos robustos.
- População Irrelevante: Estudos que focam em adultos ou populações não escolares.
- Fora do Escopo: Estudos que não abordam diretamente a alfabetização ou que não utilizam interfaces tangíveis.

Os artigos cujos títulos não demonstraram ser correlatos aos temas abordados ou diretamente continham alguma informação que pertencia aos critérios de exclusão foram ignorados e descartados. Os demais artigos foram lidos a fim de averiguar a pertinência dos trabalhos e, nesse processo, também houve a exclusão daqueles que não obedeciam aos padrões da revisão sistemática.

As informações foram extraídas com base nas perguntas estabelecidas na introdução, de modo a identificar as individualidades dos trabalhos, os temas abordados, a forma de validação e os parâmetros que podem ser comparados entre as soluções distintas para identificar o que tem sido feito e o que pode ser aprimorado posteriormente.

4. Resultados e discussões

Após a busca e a análise individual dos resultados obtidos, foram selecionados 7 trabalhos para análise dentre os 657 encontrados, sendo 4 provenientes da IEEE Xplore, 2 da ACM e 1 da SOL. Entre os artigos que foram descartados, 40 eram duplicados, 590 foram descartados devido ao título ou ao resumo não estarem relacionados com os temas abordados, 6 não foram encontrados e 14 foram descartados após a leitura. A Figura 1 apresenta o fluxograma PRISMA [Page et al. 2021] para facilitar a compreensão do processo de seleção dos artigos.

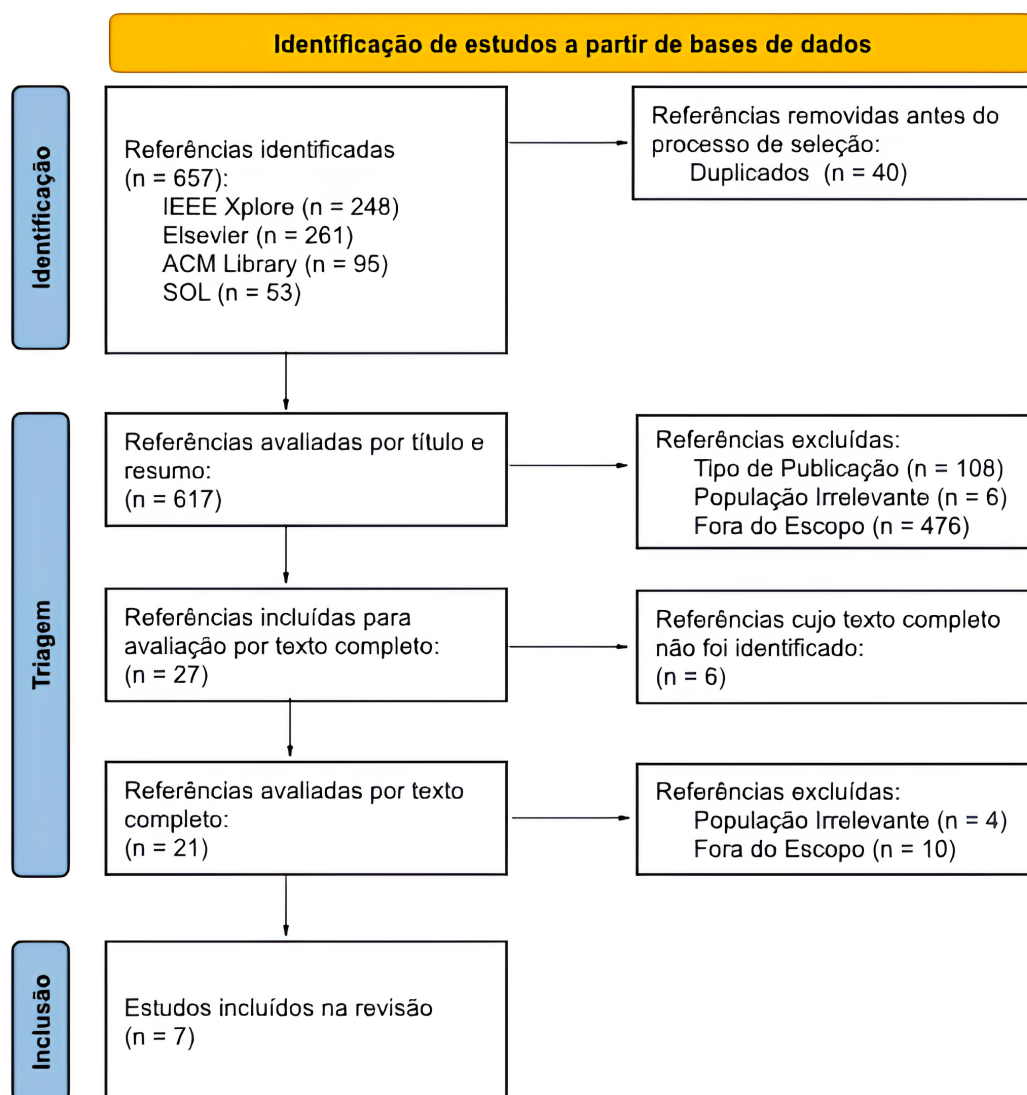


Figura 1. Fluxograma PRISMA.

4.1. Apresentação dos Estudos Selecionados

Para a presente revisão sistemática, foram selecionados sete estudos que investigam o uso de dispositivos educacionais tangíveis em diferentes contextos e populações. A Tabela

1 apresenta um resumo dos estudos, incluindo o nome do dispositivo, autores, ano de publicação e país de origem.

Tabela 1. Descrição dos Estudos Selecionados

Trabalho	Dispositivo	Autores	Ano	País
1	Mapas conceituais tangíveis	Beal e García	2020	Brasil
2	Alfaba	Jurgina et al.	2023	Brasil
3	ARTUI	Rodríguez-Vizzuett et al.	2019	México
4	Crocodile Language Friend	Taylor et al.	2020	Austrália
5	Tangíveis para o ensino de Braille	Sandoval-Bringas et al.	2020	México
6	Moovy	Beccaluva et al.	2022	Itália
7	TARES	Ongoro et al.	2024	China

A seguir, será realizada uma análise crítica dos estudos brasileiros, seguida por uma análise dos estudos internacionais. Por fim, será feita uma comparação global entre todos os estudos selecionados, discutindo as implicações e limitações de cada um.

4.2. Trabalho do Brasil

A Tabela 2 apresenta uma comparação dos dois estudos brasileiros incluídos na revisão. Ambos investigam o uso de dispositivos tangíveis no apoio a estudantes com necessidades especiais, abordando diferentes populações e utilizando metodologias distintas.

Tabela 2. Comparação dos Estudos Brasileiros

Trabalho	Objetivo	Metodologia	Resultados	Limitações	Sugestões
1	Facilitar compreensão de conceitos por estudantes cegos	Sequências didáticas com estudantes cegos	Melhor compreensão, alto engajamento	Contexto específico, amostra pequena	Aplicação em contextos variados
2	Avaliar aceitação de dispositivo tangível para disléxicos	Avaliações qualitativas com professores	Alta aceitação, percepção positiva	Amostra pequena, falta de dados quantitativos	Estudos maiores, inclusão de dados quantitativos

O Trabalho 1 [Beal and García 2020] visava facilitar a compreensão de conceitos complexos para estudantes cegos através de sequências didáticas com mapas conceituais tangíveis. O Trabalho 2 [Jurgina et al. 2023] focou em avaliar a aceitação de um dispositivo tangível (Alfaba) para estudantes disléxicos, utilizando avaliações qualitativas com professores. Ambas as abordagens visam tornar o aprendizado mais acessível e interativo, promovendo a inclusão de estudantes com necessidades especiais.

Os estudos brasileiros analisados demonstram o potencial das tecnologias tangíveis na educação inclusiva. O Trabalho 1, que usou mapas conceituais tangíveis

no ensino, demonstrou eficiência na aplicação com alunos ao auxiliar na a compreensão de assuntos variados e o Trabalho 2, Alfaba, foi avaliado e aprovado por professores, sendo o próximo passo do trabalho a realização de testes com crianças para avaliação da experiência de usuário.

4.3. Trabalhos Internacionais

A Tabela 3 apresenta uma comparação detalhada dos cinco estudos internacionais incluídos na revisão. Todos investigam o uso de dispositivos e tecnologias tangíveis ou RA para apoiar diferentes aspectos do aprendizado, abordando diversas populações e utilizando metodologias variadas.

Tabela 3. Comparação dos Estudos Internacionais

Trabalho	Objetivo	Metodologia	Resultados	Limitações	Sugestões
3	Aplicação AR para ensino de inglês	Experimental	Melhora significativa na aprendizagem	Limitações tecnológicas, pequena amostra	Expansão tecnológica, amostras maiores
4	Crocodile Language Friend para desenvolvimento de linguagem	Experimental	Maior uso da linguagem, alta interação	Vieses culturais, pequena amostra	Amostras maiores e contextos variados
5	Ensino de Braille com interfaces tangíveis	Estudo de caso	Aprendizado eficiente, alta aceitação	Estudo único, contexto específico	Replicação em diferentes contextos
6	Aprender gramática com Moovy	Quasi-experimental	Engajamento elevado, boa aceitação	Limitações de infraestrutura, pequena amostra	Estudos com infraestrutura melhorada
7	Sistema TARES para ortografia em inglês	Mista	Inclusão de minorias, alta aceitação	Amostra limitada, contexto específico	Amostras diversificadas, replicação

Os estudos internacionais variam em seus objetivos e abordagens metodológicas. O Trabalho 3 [Rodríguez-Vizzuett et al. 2019] usou uma metodologia experimental para avaliar uma aplicação de AR no ensino de inglês. O Trabalho 4 [Taylor et al. 2020] empregou um design experimental para investigar o desenvolvimento da linguagem com o Crocodile Language Friend. O Trabalho 5 [Sandoval-Bringas et al. 2020] buscou ensinar Braille usando interfaces tangíveis através de um estudo de caso. O Trabalho 6 [Beccaluva et al. 2022] utilizou uma abordagem quasi-experimental para ensinar gramática com o dispositivo Moovy. O Trabalho 7 [Ongoro et al. 2024] combinou métodos mistos para explorar o sistema TARES para ortografia em inglês.

As tecnologias apresentadas têm o potencial de transformar a educação. A aplicação de RA no ensino de inglês com o ARTUI pode proporcionar uma experiência imersiva que melhora a aprendizagem. O Crocodile Language Friend pode aumentar o engajamento e a interatividade no desenvolvimento de linguagem. O ensino de Braille com interfaces tangíveis pode melhorar significativamente a alfabetização de estudantes cegos. O uso de um personagem chamado Moovy instiga as crianças a desenvolverem a compreensão da linguagem oral e da gramática ao mesmo tempo. O sistema TARES pode promover a inclusão de minorias no aprendizado de ortografia.

4.4. Análise Global

A seguir, a Tabela 4 apresenta a distribuição dos trabalhos selecionados com base em critérios socioeconômicos, destacando se são de países do Norte Global ou do Sul Global, se atendem pessoas com deficiência e se mostram preocupação com o investimento financeiro.

Tabela 4. Distribuição dos Trabalhos com Base em Critérios Socioeconômicos e Políticos

Trabalho	País do Norte Global	País do Sul Global	Atende Pessoas com Deficiência	Investimento Financeiro
1		X	X	X
2		X	X	X
3		X		X
4	X			
5		X	X	
6	X			X
7		X		X

Dois estudos são de países do Norte Global (Austrália e Itália), enquanto cinco são de países do Sul Global (Brasil, México e China). A diversidade geográfica permite comparar diferentes abordagens e desafios.

Três estudos abordam diretamente a inclusão de pessoas com deficiências que podem dificultar o processo de alfabetização (dois do Brasil e um do México), destacando a importância da acessibilidade na educação. Cinco estudos mostram preocupação com o investimento financeiro, enfatizando a necessidade de desenvolver soluções de baixo custo, especialmente relevante em países do Sul Global.

Os estudos que abordam a inclusão de pessoas com deficiência demonstram a importância universal da acessibilidade na educação, com inovações significativas tanto em países do Norte Global quanto do Sul Global. A preocupação com o investimento financeiro é importante para garantir a ampla adoção das tecnologias. Os estudos da Itália, China e Brasil exemplificam abordagens criativas para desenvolver tecnologias acessíveis que podem ser implementadas em larga escala.

4.5. Quais TUIs para alfabetização foram desenvolvidas?

As TUIs apresentadas utilizam recursos diversos para induzir o aprendizado, como letras tangíveis, sistemas de pontuação e elementos de gamificação para estimular a diversão ao longo do processo. Foram encontrados estudos que desenvolvem a alfabetização com foco nas linguagens escrita e oral e na compreensão da leitura. Tanto línguas nativas quanto estrangeiras aos usuários foram alvo de abordagens que envolvem o uso de interfaces tangíveis destinadas a crianças de faixas etárias que variam entre pré-escola e ensino fundamental II.

Entre os trabalhos brasileiros, o Trabalho 1, utilizando os mapas conceituais tangíveis, pode transformar a maneira como estudantes cegos interagem com o conteúdo educacional, promovendo uma maior compreensão e engajamento. O Trabalho 2 tem o potencial de ser uma potencial ferramenta na alfabetização de disléxicos que promove uma experiência multissensorial se validada com estudos mais robustos.

Os demais estudos utilizaram uma variedade de abordagens pedagógicas e tecnologias. O Trabalho 3 empregou realidade aumentada (AR) para o ensino de inglês, proporcionando uma experiência imersiva. O Trabalho 4 utilizou um dispositivo lúdico para o desenvolvimento da linguagem, promovendo interatividade e uso da linguagem. O Trabalho 5 utilizou interfaces tangíveis para o ensino de Braille, promovendo uma abordagem prática e tátil. O Trabalho 6 aplicou um dispositivo interativo para o ensino de gramática, promovendo o engajamento dos alunos. O Trabalho 7 utilizou um sistema tangível para o ensino de ortografia, promovendo o uso reduzido de hardware.

4.6. Como os trabalhos desenvolvidos se comparam uns com os outros?

A Tabela 5 mostra uma comparação entre os estudos considerando quais tipos de linguagem abrangem, quais os tipos de feedback que fornecem, se permitem erro e se tem um sistema que contabiliza erros e acertos em formato de pontuação.

Nº	Linguagem Escrita	Linguagem Oral	Leitura	Feedback Sonoro	Feedback Visual	Permite Erro	Contabiliza Pontuação
1	Sim	Não	Sim	Não	Não se aplica	Sim	Não
2	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não
3	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
4	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não
5	Sim	Não	Sim	Sim	Não se aplica	Sim	Sim
6	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não
7	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Tabela 5. Peculiaridades dos estudos avaliados

Dos 7 trabalhos analisados, 4 trabalhos estimulam a escrita, 4 trabalhos auxiliam na fala e na compreensão e 4 trabalhos ajudam na leitura, portanto, a distribuição de soluções entre as categorias é equilibrada. Ademais, a maioria deles fornece feedback através de recursos visuais ou de áudio, sendo que apenas um deles depende unicamente do adulto para informar a criança sobre seu desempenho. Todos as ferramentas permitem que o usuário erre, o que permite a reflexão sobre o modo correto de realizar a atividade

sem impedimentos do hardware. Ainda, é notável que algumas abordagens utilizam a pontuação como um incentivo para obter desempenhos melhores nas próximas tentativas.

4.7. Quais foram os impactos do uso das TUIs no processo de alfabetização?

No contexto brasileiro, as ferramentas demonstraram potencial para ampliar a acessibilidade. O Trabalho 1 mostrou que os mapas conceituais tangíveis foram eficazes com o público-alvo, uma vez que a tecnologia braille tornou o processo cognitivo mais simples e atrativo, apesar de o tamanho da amostra de teste ter sido limitado. No Trabalho 2, os professores demonstraram alta aceitação do dispositivo Alfaba, considerando-o útil e de fácil compreensão para a alfabetização de estudantes disléxicos. No entanto, não foram apresentados dados quantitativos sobre melhorias nas habilidades de leitura e escrita.

No contexto internacional, o resultado foi amplamente positivo. O Trabalho 3 mostrou uma melhora significativa na aprendizagem de inglês com a aplicação de AR, mesmo com limitações tecnológicas. O Trabalho 4 reportou um maior uso da linguagem e alta interação entre os participantes, mas destacou vieses culturais como uma limitação. O Trabalho 5 demonstrou um aprendizado eficiente do Braille e alta aceitação pelos participantes, porém teve um único estudo de caso. O Trabalho 6 encontrou níveis elevados de engajamento e boa aceitação do dispositivo Moovy, embora tenha enfrentado limitações de infraestrutura. O Trabalho 7 relatou alta aceitação e inclusão de minorias com o sistema TARES, apesar de lidar com uma amostra limitada.

Em geral, os trabalhos tiveram resultados positivos nos testes aplicados. No entanto, testes com amostras maiores e em contextos diferentes são recomendados para a obtenção de validação maior e mais concreta em pesquisas futuras.

5. Conclusões

Observações relevantes podem ser feitas sobre os trabalhos brasileiros. No Trabalho 1, foi perceptível a dificuldade de alguns usuários com o Braille, caracterizando um atraso em relação a idade dos alunos e denotando a necessidade de investimento em ferramentas que deem suporte específico ao público cego. Além disso, no Trabalho 2 existe preocupação com o baixo custo das abordagens para que a aplicabilidade destas seja maior, uma vez que a falta de recursos é um impedimento no cenário nacional.

No cenário internacional, os estudos analisados demonstram o potencial das tecnologias tangíveis na educação, oferecendo abordagens diversificadas para promover a aprendizagem. A replicação dos estudos com amostras maiores e em diferentes contextos é fundamental para validar e expandir esses achados e a continuidade das pesquisas com foco em infraestrutura melhorada e inclusão tecnológica é essencial para garantir a eficácia dessas tecnologias em diversos contextos educacionais.

Muitos dos trabalhos analisados podem ser adaptados para novas línguas, o que revela a capacidade de atingir ainda mais públicos. A maioria dos estudos teve como alvo crianças com necessidades especiais, ressaltando a necessidade de amparo maior para o aprendizado destes. Nenhum dos trabalhos citados teve como foco crianças com TDAH ou autismo, lacuna a qual pode ser preenchida no futuro. Em geral, os estudos foram bem sucedidos e diversos, demonstrando que existem muitos caminhos a serem explorados e ideias a serem implementadas com o uso das TUIs na área da educação.

6. Agradecimentos

Agradecemos à FAPERGS, ao CNPq e à CAPES pelo fomento à pesquisa e pela viabilização deste trabalho.

Referências

- Ananny, M. and Cassell, J. (2001). Telltale: A toy to encourage written literacy skills through oral storytelling. In *Presentation at Winter Conference on Text, Discourse & Cognition, Jackson, USA*. Citeseer.
- Beal, F. and García, L. S. (2020). Introduzindo mapas conceituais para estudantes com cegueira via recursos tangíveis. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 682–691. SBC.
- Beccaluva, E. A., Riccardi, F., Bettelli, G., Moskwa, L., Di Iorio, M., Di Gioia, F. R., Pasqua, E., Arosio, F., Guasti, M. T., and Garzotto, F. (2022). Grasping the grammar with moovy: A tangible user interface to train linguistic skills in children. In *Chi conference on human factors in computing systems extended abstracts*, pages 1–7.
- Costa, V., Zen, E., Silva, A., and Tavares, T. (2023). Experiências com uso de mesa tangível em espaços de educação não formal. In *Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 983–994, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Deitos, F. and Aragón, R. (2021). O processo de alfabetização com o uso das tecnologias digitais: uma revisão sistemática. In *Anais do XXVII Workshop de Informática na Escola*, pages 275–286, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- G1 (2023). Ranking da educação: Brasil está nas últimas posições no pisa 2022; veja notas de 81 países em matemática, ciências e leitura. Disponível em: <https://abrir.link/CPoEe>. Acesso em: 15 jun. 2024.
- González-González, C. S., Guzmán-Franco, M. D., and Infante-Moro, A. (2019). Tangible technologies for childhood education: A systematic review. *Sustainability*, 11(10):2910.
- Ishii, H. (2008). The tangible user interface and its evolution. *Communications of the ACM*, 51(6):32–36.
- Jurgina, L. Q., Aquini, L. G., Iankowski, R. S., da Rosa, L. S., de Aguiar, M. S., and Primo, T. T. (2023). Alfaba: A tangible solution to support brazilian dyslexic students in their literacy process. In *2023 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 1–9. IEEE.
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(2004):1–26.
- Lazar, S. (2015). The importance of educational technology in teaching. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 3(1):111–114.
- Marques, D. (2024). Estudo revela uso da tecnologia nas salas de aula do brasil. Educa Mais Brasil. Disponível em: <https://abrir.link/cbFVY>. Acesso em: 15 jun. 2024.
- O'Malley, C. and Fraser, D. S. (2004). Literature review in learning with tangible technologies. *Futurelab Series*, 12. Accessed: 19 jun. 2024.

- Ongoro, C. A., Fanjiang, Y.-Y., Hung, C.-H., Lin, B.-J., and Guo, J. (2024). Tares: A game-based tangible augmented reality english spelling mastery system with minimal cognitive load. *IEEE Access*.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., et al. (2021). The prisma 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Bmj*, 372.
- Planalto (2024). Brasil supera patamar pré-pandemia com 56% de crianças alfabetizadas no segundo ano do fundamental. Disponível em: <https://abrir.link/nBZvL/>>. Acesso em: 15 jun. 2024.
- Price, S., Rogers, Y., Scaife, M., Stanton, D., and Neale, H. (2003). Using ‘tangibles’ to promote novel forms of playful learning. *Interacting with computers*, 15(2):169–185.
- Rodríguez-Vizzuett, L., Guerrero-García, J., Olmos-Pineda, I., and Lozano, M. D. (2019). Model-driven development of an augmented reality-based application for english language teaching to children between 9 and 12 years old. In *2019 international conference on inclusive technologies and education (CONTIE)*, pages 1–17. IEEE.
- Ryokai, K. and Cassell, J. (1999). Storymat: a play space for collaborative storytelling. In *CHI’99 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pages 272–273.
- Sandoval-Bringas, J. A., Carreño-León, M. A., Encinas, I. D., Carrillo, A. L., Cota, I. E., and Castro, R. C. (2020). Using tangible interfaces for teaching braille. In *2020 3rd International Conference of Inclusive Technology and Education (CONTIE)*, pages 128–132. IEEE.
- Shaer, O., Hornecker, E., et al. (2010). Tangible user interfaces: past, present, and future directions. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 3(1–2):4–137.
- Soares, M. (2004). Letramento e alfabetização: as muitas facetas. *Revista brasileira de educação*, pages 5–17.
- Tarone, E. and Bigelow, M. (2013). *Literacy and second language oracy*. Oxford University Press.
- Taylor, J. L., Aboriginal Shire Council, W. W., Soro, A., Esteban, M., Vallino, A., Roe, P., and Brereton, M. (2020). Crocodile language friend: Tangibles to foster children’s language use. In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–14.