

## **O uso de Realidade Aumentada e Interfaces Tangíveis em espaços não-formais de educação: uma Revisão Sistemática de Literatura**

Ânderson dos Santos Ritta, Universidade Federal de Pelotas  
andersonritta@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9789-2495>

Karine Chalmes Braga, Universidade Federal de Pelotas  
chalmes-karine@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-0438-916X>

Tatiana Aires Tavares, Universidade Federal de Pelotas  
tatianaires@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3877-301X>

### **Resumo:**

O presente trabalho apresenta os resultados obtidos a partir da implementação de um protocolo de busca e seleção de estudos, com o objetivo de realizar uma Revisão Sistemática de Literatura sobre a utilização de Realidade Aumentada e Interfaces de Usuários Tangíveis no contexto da educação não formal. Utilizando a ferramenta Parsifal, foram descritas as etapas do processo, desde o planejamento até a execução da revisão, culminando nos resultados. Dessa forma, este trabalho oferece uma estruturação da busca pelo estado da arte sobre as tecnologias mencionadas, constituindo uma lista de estudos que se enquadram nos critérios estabelecidos para aceitação, juntamente com possíveis inferências sobre a lista resultante.

**Palavras-chave:** educação não-formal; realidade aumentada; interface tangível; revisão sistemática de literatura

### **The use of augmented reality and tangible interfaces in non-formal education spaces: a Systematic Literature Review**

#### **Abstract:**

The present work presents the results obtained from the implementation of a search and selection protocol for works, with the objective of carrying out a Systematic Literature Review on the use of Augmented Reality and Tangible User Interfaces in a non-formal education scope. Using the Parsifal tool, the steps were described, from planning, through the execution of the review and thus reaching the results. Therefore, this work presents the structuring of a search for the state of the art on the previously mentioned technologies; constituting a list of works that fit within the criteria stipulated for acceptance, together with possible inferences about the resulting list.

**Keywords:** non-formal education; augmented reality; tangible interface; systematic literature review

## **1 Introdução**

A era moderna e tecnológica em que a sociedade atualmente se situa oferece oportunidades diversas para o estudo e o aprendizado de novas informações a cada momento. Além da tradicional escola e seus espaços estabelecidos, uma alternativa que se apresenta para o ensino e aprendizagem são outros espaços não-formais de educação. Não existe um consenso total sobre a definição dos termos informal e não formal em espaços de educação, porém, esses podem ser caracterizados como ambientes não pertencentes à escola, que fazem parte de uma instituição ou organização como Centros

de Ciência, Museus e Zoológicos; ou espaços não institucionalizados abertos ao público como parques e praças (JACOBUCCI, 2008).

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) têm proporcionado mudanças em diversas áreas do conhecimento, em particular na área da educação. A Realidade Aumentada (AR) e as Interfaces de Usuários Tangíveis (*Tangible User Interface* - TUI) são exemplos de TICs que apresentam grande potencial no contexto educacional. Tais recursos proporcionam maior engajamento dos usuários pois oferecem uma abordagem atrativa para a difusão de conteúdo. Estas também, apresentam vantagens quanto à promoção de uma comunicação inclusiva por possibilitar experiências multissensoriais.

A interface tangível é uma tecnologia que se situa entre o mundo físico e o digital, possibilitando a manipulação de objetos físicos com propriedades digitais. No mundo físico o usuário utiliza esse objeto para se comunicar com o mundo digital, através da manipulação da matéria física, o sistema computacional reconhece objeto como uma informação digital e apresenta uma resposta através de uma representação intangível, podendo esta ser representada por um estímulo visual ou sonoro (ISHII, 2008).

Segundo Costa et al. (2018), encontra-se uma diversidade de gêneros e contextos de aplicação com as interfaces tangíveis, no entanto, o recurso mais recorrente nos estudos atuais é a mesa tangível interativa. Este tipo específico de TUI, tem sido utilizada como instrumento de mediação tecnológica em ambientes de ensino e aprendizagem, para atividades individuais ou colaborativas, se revelando ainda, como um recurso de tecnologia assistiva especialmente adequado para o contexto em questão (PREUSS et al. 2020).

Já a realidade aumentada, é uma tecnologia que permite mesclar objetos virtuais ao mundo real, através da utilização de técnicas de visão computacional. Em outras palavras, a RA permite que o usuário interaja com cenários imaginários ou da vida real, os quais possuem objetos virtuais estáticos e em movimento, e que com o auxílio de equipamentos tecnológicos, torna-se possível interagir com esses ambientes (KIRNER; TINER, 2006).

Na área da educação, são encontradas diversas aplicações da RA contribuindo com o processo de ensino e aprendizagem, principalmente naquelas em que a abstração dos conteúdos que estão sendo transmitidos é mais complexa. Nesse sentido, destaca-se o uso da RA na educação especial, onde este sistema é utilizado com o objetivo de ampliar o acesso aos canais sensoriais para auxiliar na aprendizagem de pessoas com deficiência (GARBIN; DAINESE; KIRNER, 2006).

Ainda que existentes, observa-se que a grande maioria das pesquisas que utilizam a RA e as TUIs no âmbito educacional, ocorrem nos espaços formais, apesar do seu grande potencial para integrar instituição ou organização como Centros de Ciência, Museus e Zoológicos (espaços não-formais de educação) por exemplo. A inserção de tais tecnologias pode contribuir para a construção de ambientes mais inclusivos, tendo em vista a importância desses espaços para a produção de conhecimento e formação da cidadania.

Nesse contexto, este trabalho busca através de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), realizar um levantamento acerca do estado da arte diante da temática do uso da RA e TUIs em espaços não-formais de educação. A intenção desta pesquisa é contribuir para o embasamento de trabalhos futuros, a partir dos dados obtidos com a análise dos estudos selecionados.

## 2 Métodos

A utilização do método RSL fornece ao pesquisador ferramentas para a recuperação, avaliação e interpretação do *corpus* documental de todas as pesquisas existentes e acessíveis; com relevância em uma área de pesquisa, fenômeno ou tópico determinados (KITCHENHAM *et al.*, 2009).

Colocando como premissa que a RSL retornará possivelmente um grande volume de trabalhos, é válido fazer uso de uma ferramenta que forneça um suporte de organização e controle das informações, dessa forma, foi escolhida a ferramenta Parsifal. Elaborada tendo como base o trabalho de Kitchenham e Charters (2007), Parsifal é uma ferramenta que organiza as diferentes fases da revisão, possibilitando identificar, planejar, conduzir, extrair dados, avaliar e interpretar estudos oriundos de diversas bases científicas, em torno da área de pesquisa envolvida. O seu protocolo compreende: objetivos; PICOC; questões de pesquisa; palavras-chave e sinônimos; *string* de busca; fontes e critérios de seleção e exclusão.

Destaca-se que esta revisão foi realizada de maneira interdisciplinar com pesquisadores da área da Ciência da Computação e da Arquitetura e Urbanismo.

### 2.1 Questões de Pesquisa

Para que a RSL seja conduzida de forma metodológica é importante definir elementos norteadores que guiem o processo de exploração dos textos acadêmicos existentes. Para tanto, são utilizadas questões de pesquisa adequadas para o objetivo traçado; tais questões foram elaboradas tendo por base a estratégia PICOC (*Population, Intervention, Comparison, Outcome and Context*) que é utilizada dentro da ferramenta Parsifal.

As questões de pesquisa formuladas para essa revisão são as seguintes:

**QP1:** Como a tecnologia da RA ou das TUIs pode favorecer o processo educativo dentro de espaços não-formais de educação?

**QP2:** Quais as principais dificuldades identificadas para a utilização da RA ou das TUIs não espaços não-formais de educação?

**QP3:** A RA ou as TUIs são mencionadas nos estudos como tecnologia assistiva?

### 2.2 Planejamento da RSL

Nessa fase de planejamento, foram escolhidas as expressões de busca, as bases de dados e os critérios de inclusão e de exclusão dos trabalhos encontrados. Tendo como foco de busca, artigos científicos em periódicos e anais de eventos, além de teses e dissertações. As bases de dados escolhidas para a realização das buscas são: ACM Digital Library, CAPES, Google Scholar, IEEE e Scopus.

Pelo fato de os diversos trabalhos possuírem idiomas distintos nas diferentes plataformas de busca, tendo como predominância o idioma inglês, foram definidas como palavras-chave os termos: “*non-formal education*”, “*augmented*” e “*tangible user interface*”. Com a definição das palavras-chave foi possível elaborar as expressões de busca juntamente com os operadores lógicos *AND* (e) e *OR* (ou), aplicadas nos indexadores científicos, com o objetivo de recuperar o maior número possível de trabalhos relacionados à área de pesquisa. A seguir, expõe-se a expressão busca definida para esta RSL:

**(“Non-formal Education” AND “Augmented Reality” OR “Tangible User Interface”)**

Um ponto importante a ser mencionado é que, as plataformas de buscas de trabalhos científicos oferecem diferentes tipos de filtros para os textos indexados pelas mesmas; como por exemplo, buscar as expressões somente no título, no título e no *abstract*, estabelecer recorte temporal, tipo de texto acadêmico e idioma. Além disso, nem todas as plataformas possuem os mesmos filtros, característica que pode influenciar os resultados.

Ainda na fase de planejamento são definidos os critérios de inclusão e exclusão. Os critérios de inclusão são as características-chave procuradas nos textos acadêmicos que determinam se eles serão selecionados como elegíveis para o corpus documental da RSL; no sentido contrário, os critérios de exclusão classificam os estudos que não farão parte do grupo de análise da RSL.

### 2.3 Condução da RSL

Ao iniciar-se a fase de busca dos trabalhos nas 5 bases científicas escolhidas, os procedimentos seguintes foram realizados de acordo com os recursos disponíveis no Parsifal e com as ações necessárias a serem executadas:

- Busca nas bases;
- Importação dos estudos;
- Seleção dos estudos;
- Extração dos dados

A seguir, cada um dos procedimentos será descrito.

### 2.4 Busca e importação dos estudos

Embora o Parsifal possua integração com algumas bases de busca, das 5 bases selecionadas para essa revisão somente a SCOPUS vem nativamente integrada à ferramenta. Dessa forma, a busca foi realizada manualmente em todas as bases, também por conta dos filtros utilizados, para que os critérios fossem os mais próximos possível entre elas.

Para ter acesso à base em sua íntegra, algumas plataformas exigem configurações específicas. No caso da CAPES é necessário estar logado através da Comunidade Acadêmica Federada (CAFe), que por consequência, fornece acesso à base da SCOPUS. A IEEE requer que o pesquisador se conecte ao site utilizando a configuração de *proxy* da CAFe à qual o pesquisador tem vínculo; enquanto nem a ACM Digital Library nem o Google Scholar exigem configurações ou vínculos específicos.

Nesta fase o Parsifal foi abastecido com os estudos recuperados de cada uma das bases científicas pesquisadas. A importação dos trabalhos recuperados é feita através do uso de arquivos no formato BibTex, ou seja, um arquivo com extensão .bib, que contém a lista de referências bibliográficas formatadas para serem lidas por determinados programas, no caso, o Parsifal. Cada plataforma científica possui meios nativos para exportar a lista de trabalhos encontrados, ou aceitam a interação com outros *softwares* para que o arquivo .bib possa ser gerado.

Ao final desta etapa, a importação resultou num total de 1.522 trabalhos.

## 3 Resultados e Discussões

### 3.1 Seleção dos estudos

Agora será descrito como foi realizado o processo de seleção dos trabalhos científicos provenientes da etapa anterior (importação). A partir dos arquivos contendo as

listas de referências (.bib), a ferramenta Parsifal extrai informações preliminares de cada trabalho. Dentre os parâmetros disponíveis, foram utilizados para a seleção, preferencialmente o título (*title*) e resumo (*abstract*), já que para esta RSL o recorte temporal não foi estabelecido.

A análise de seleção foi realizada para cada um dos 1.522 trabalhos recuperados, ou seja, foram analisados o título e o resumo da totalidade de trabalhos resultantes da busca em todas as bases científicas. Os critérios tanto de inclusão quanto os de exclusão, foram os seguintes:

**Quadro 1:** Critérios de Inclusão e Exclusão dos trabalhos importados

| <b>Critérios de Inclusão</b>                                      | <b>Critérios de Exclusão</b>              |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Tratam de Realidade Aumentada na educação não-formal;             | Estudos fora do escopo                    |
| Tratam de Interface Tangível para usuário na educação não-formal; | Trabalhos duplicados                      |
| Tratam das duas tecnologias na educação não-formal.               | Idioma fora do inglês e português;        |
| -                                                                 | Acesso indisponível ao trabalho completo. |

Fonte: Autores.

### 3.2 Extração de dados

Nesta seção, serão expostos os resultados do protocolo aplicado para o levantamento da RSL do trabalho em questão. A título de referência sobre o conjunto de trabalhos selecionados inicialmente e os quantitativos contabilizados, a ferramenta Parsifal gera um gráfico percentual que representa a participação de cada base científica dentro do universo de trabalhos, conforme a Figura 1. A partir desse gráfico, observou-se a predominância da plataforma Google Scholar no grupo inicial de trabalhos, seguido pelos trabalhos revisados por pares na Plataforma CAPES e pela Plataforma IEEE.

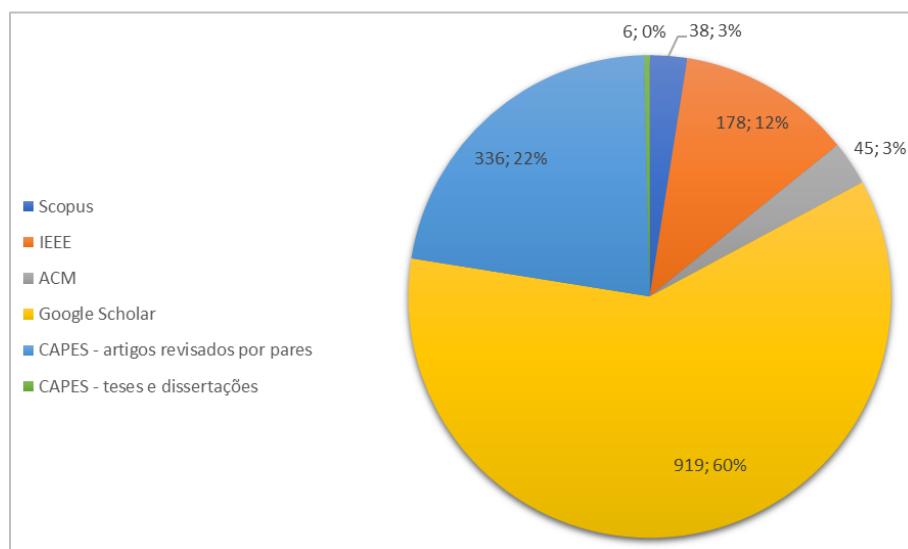


Figura 1 – Número de trabalhos recuperados por base científica

Uma razão a ser levantada para explicar o grande número de trabalhos recuperados pela plataforma Google Scholar, pode ser o fato de a ferramenta de busca referida oferecer

poucas opções de filtro, assim, as expressões de busca podem acabar sendo tratadas de forma mais abrangente, refletindo, possivelmente em resultados menos refinados.

O próximo gráfico, representado na Figura 2, mostra a relação entre o número de trabalhos encontrados e aceitos por base de dados. As bases Scopus e ACM retornaram um número baixo de textos selecionados, além de não terem nenhum trabalho aceito após a fase de seleção dos estudos. Esse dado é importante pois demonstra que o foco de pesquisa, ou seja, as expressões de busca geradas a partir da questão de pesquisa obteve êxito em retornar trabalhos acadêmicos; dessa forma, as bases em questão poderão ser excluídas em revisões futuras que estejam relacionadas com esse nicho tecnológico.

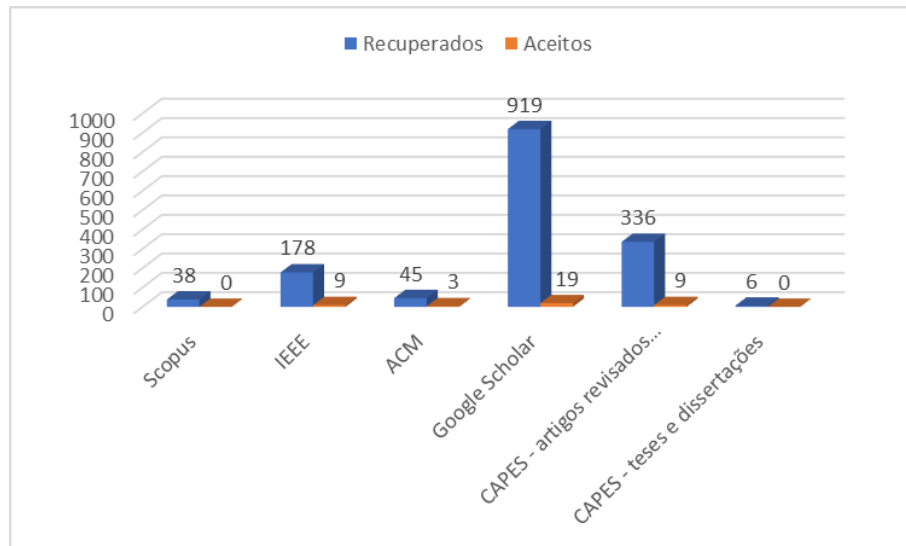


Figura 2 – Relação entre o número de trabalhos encontrados e aceitos por base científica

A fase de extração dos dados dos textos dos trabalhos aceitos foi apoiada pela ferramenta *Data Extraction* do Parsifal, onde as informações são preenchidas manualmente a partir da leitura dos trabalhos retornados na busca. O Quadro 2 contempla a organização do corpus documental após a análise; o campo Critério de Inclusão foi completado revisitando o recurso específico para a seleção dos estudos, assim é possível estabelecer que o trabalho em estudo pode atender à questão de pesquisa da RSL.

**Quadro 2:** Lista de trabalhos recuperados que se enquadram na RSL

| Nº | Autor                         | Tipo de documento           | Nº de citações | Critério de Inclusão |
|----|-------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------|
| 1  | Hatala; Wakkary (2005)        | artigo de revista acadêmica | 158            | AR & TUI             |
| 2  | de Bérigny Wall (2010)        | artigo de revista acadêmica | 5              | TUI                  |
| 3  | de Bérigny Wall et al. (2014) | artigo de revista acadêmica | 11             | TUI                  |
| 4  | Laudazi; Boccaccini (2014)    | artigo de conferência       | 6              | AR                   |
| 5  | Vaz et al. (2016)             | artigo de revista acadêmica | 0              | TUI                  |
| 6  | Vaz et al. (2016)             | artigo de revista acadêmica | 18             | TUI                  |
| 7  | Petrelli (2019)               | artigo de revista acadêmica | 47             | AR                   |
| 8  | Nofal et al. (2020)           | artigo de revista acadêmica | 35             | TUI                  |

(continua)

(final)

| Nº | Autor                       | Tipo de documento           | Nº de citações | Critério de Inclusão |
|----|-----------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------|
| 9  | Rahman et al. (2020)        | artigo de conferência       | 0              | AR                   |
| 10 | Pietroni et al. (2021)      | artigo de revista acadêmica | 5              | AR & TUI             |
| 11 | Rodrigues (2021)            | artigo de conferência       | 0              | AR                   |
| 12 | Ryabinin; Kolesnik (2021)   | artigo de revista acadêmica | 8              | TUI                  |
| 13 | Tselegkaridis et al. (2024) | artigo de revista acadêmica | 4              | TUI                  |
| 14 | Souropetsis; Kyza (2025)    | artigo de revista acadêmica | 2              | AR                   |
| 15 | De Luca et al. (2025)       | artigo de revista acadêmica | 0              | TUI                  |
| 16 | Maklad et al. (2025)        | artigo de conferência       | 0              | TUI                  |
| 17 | Jurgina et al. (2025)       | artigo de conferência       | 0              | TUI                  |
| 18 | Radwan et al. (2025)        | artigo de conferência       | 0              | TUI                  |
| 19 | Santos et al. (2025)        | artigo de conferência       | 0              | TUI                  |
| 20 | Meijer et al. (2025)        | artigo de revista acadêmica | 0              | TUI                  |

Fonte: Autores.

Sobre a relação exposta no Quadro 2, é possível fazer as seguintes inferências:

A maioria dos trabalhos selecionados foram publicados em periódicos científicos, totalizando 13 ocorrências, enquanto os sete restantes em anais de conferências acadêmicas.

Todos os trabalhos com um considerável número de citações são no formato artigo de revista acadêmica, sendo eles: Hatala; Wakkary (2005), Nofal et al. (2020) e Petrelli (2019) com respectivamente, 158, 35 e 26 citações em trabalhos relacionados; tendo o primeiro 3 vezes mais citações que o segundo mais citado, caracterizando o mesmo como um possível artigo de referência quando o assunto é AR e TUI.

A tecnologia de RA foi aplicada em 5 estudos, enquanto as TUIs apareceram em 13. Em 2 trabalhos, ambas as tecnologias foram utilizadas em conjunto. A diferença observada indica uma ênfase maior nas aplicações baseadas em TUIs, o que reforça seu potencial nos contextos analisados, sem, no entanto, diminuir a relevância da RA como campo de investigação.

Complementar as informações da Figura 2, foi extraído diretamente da ferramenta Parsifal o gráfico com a relação entre a quantidade de trabalhos aceitos e o ano de publicação dos mesmos, representado na Figura 3. Apesar de, no planejamento desta RSL, não ter sido estipulado corte temporal, percebe-se um pico de produções somente no ano de 2014 e depois novamente no ano 2021, este último, deve refletir o represamento de trabalhos por conta da recente pandemia mundial de Covid-19.

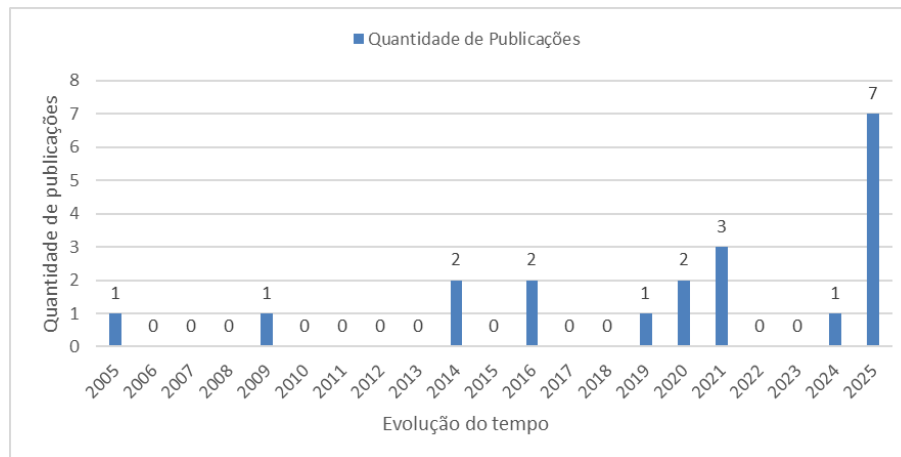


Figura 3 – Número de trabalhos selecionados por ano de publicação

### 3.3 Panorama geral dos estudos selecionados

Com base na análise dos 20 estudos selecionados, foi observado que tanto a RA quanto as TUIs têm desempenho papéis significativos na mediação educativa em espaços não-formais de educação. Aproximadamente 65% dos artigos analisados implementaram exclusivamente TUIs, enquanto 25% utilizaram a RA de forma isolada, e 10% restantes integraram ambas as tecnologias (conforme listado no Quadro 2). Essa distribuição indica uma tendência maior na adoção de TUIs, particularmente em propostas voltada à aprendizagem ativa, manipulativa e sensorial, com públicos com deficiências. Entre os estudos com propostas de acessibilidade, 7 de 9 artigos (77%) empregaram as TUIs em suas aplicações, o que evidencia a adequação dessa tecnologia para esse tipo demanda.

Grande parte dos estudos envolveram aplicações empíricas com a participação de usuários com e sem deficiência, em cenários reais ou controlados. Entre os tipos de espaços não-formais, os museus foram o contexto mais recorrente, seguidos das instalações interativas e laboratórios educacionais simulados.

### 3.4 Discussão dos resultados em relação à Questão de Pesquisa

A seguir, serão discutidos os resultados obtidos a partir da análise dos artigos selecionados, com base nas três questões de pesquisa estabelecidas previamente.

#### 3.4.1 QP1: *Como a tecnologia da RA ou das TUIs pode favorecer o processo educativo dentro de espaços não-formais de educação?*

Na análise dos artigos selecionados, as principais contribuições do uso da Realidade Aumentada (RA) e das Interfaces de Usuários Tangíveis (TUIs) concentram-se na promoção de ambientes interativos e inclusivos, que favorecem a aprendizagem ativa para uma diversidade de público por meio da experimentação e da imersão.

As aplicações que fazem uso da RA destacam-se por ampliar a compreensão conceitual dos conteúdos, ao fornecer visualizações complementares e camadas informativas que contextualizam os objetos físicos e aos ambientes expositivos. Por exemplo, Petrelli (2019) descreve uma aplicação em uma casa-museu onde os visitantes utilizam um tablet para visualizar a reconstrução virtual 360° da ambientação original do local, promovendo a compreensão espacial e temporal. Já Hatala e Wakkary (2005) relataram o desenvolvimento de uma aplicação de RA, também em contexto museal, para

fornecer informações educativas em tempo real por meio de dispositivos móveis. A experiência adaptativa e contextualizada, utilizou dados como a localização e preferência dos visitantes para a exibição de conteúdo personalizado, conforme seu deslocamento pelo museu.

Por outro lado, as TUIs demonstram especial contribuição para a mediação multissensorial da informação, permitindo que os usuários explorem conteúdos de maneira concreta, por meio da manipulação de objetivos físicos associados a *feedbacks* digitais. A seguir, são destacados alguns exemplos, com base nos artigos selecionados.

De Bérigny Wall et al. (2014), apresentaram uma instalação artística interativa sobre os impactos das mudanças climáticas nos recifes de coral. A obra utilizou uma mesa tangível com projeções interativas acionadas pela manipulação de objetos físicos representando corais. Segundo os autores, a interface permitiu a compreensão em tempo real dos impactos ambientais, promovendo uma nova apreciação da beleza e fragilidade dos recifes e fortalecendo a conexão emocional por meio de elementos visuais, como vídeos.

Vaz et al. (2016) descreveram a construção de um expositor interativo na qual a manipulação de peças físicas (amostras reais do acervo do museu) permitia que os usuários pudessem acessar conteúdos audiovisuais associados, ampliando a interação do visitantes com a exposição, especialmente do público com deficiência visual. Os autores destacaram que a combinação de estímulos táteis e auditivos favoreceu a compreensão conceitual dos artefatos expositivos e ampliou o engajamento dos visitantes com deficiência visual.

Por fim, destaca-se o estudo de Nofal et al. (2020), que apresenta uma aplicação em um museu de arte e história, na forma de instalação artística, a qual possibilitava aos visitantes múltiplas formas de interação com ela, de modo colaborativo. Os autores observaram que a interação tangível contribuiu de forma relevante para o aprendizado cultural, estimulando o envolvimento e a colaboração. Os participantes destacaram como pontos fortes da interface, a imersão e o caráter lúdico da atividade.

Nos estudos que integram ambas as tecnologias, observou-se o potencial das TUIs e da RA para promover experiências imersivas e acessíveis, especialmente ao ampliar a visualização de conteúdos e possibilitar a interação por meio de ações físicas. Um exemplo é o estudo de Pietroni et al. (2021), que, com o objetivo de ampliar a acessibilidade em espaços museais, descreve a criação de uma vitrine holográfica que combina TUIs, objetos reais e projeções virtuais, proporcionando uma experiência de realidade mista. A interação ocorre por meio de uma TUI posicionada em uma mesa frontal, onde réplicas táteis dos objetos tornam a experiência acessível para pessoas com deficiência visual. Além disso, a aplicação permite a seleção de idioma, enquanto materiais em braile e desenhos táteis complementam os recursos de acessibilidade.

### **3.4.2 QP2: *Quais as principais dificuldades identificadas para a utilização da RA ou das TUIs não espaços não-formais de educação?***

A partir da análise dos artigos, foi possível identificar diferentes desafios associados à aplicação tecnologias de RA e das TUIs em espaços não-formais de educação.

Em relação à RA, as principais dificuldades referem-se tanto a limitações técnicas quanto a desafios de usabilidade e mediação do conteúdo no ambiente físico. Em Hatala e Wakkary (2005), por exemplo, foram identificadas questões como a distração dos usuários com o sistema, em detrimento da interação com o ambiente, e a dificuldade de

conectar o conteúdo sonoro aos objetos físicos. Além disso, os autores indicam que aplicações ubíquas com reconhecimento de contexto necessitam adotar um modelo narrativo mais robusto ou integrar abordagens complementares para a melhor experiência dos usuários.

Adicionalmente, a partir de Laudazi e Boccaccini (2014), foi observado um indicativo relacionado à sustentabilidade econômica do uso da RA. Embora não seja diretamente apresentada no estudo como uma barreira, essa questão representa um fator condicionante para sua viabilidade. Segundo os autores, projetos baseados em tecnologias como a RA podem depender significativamente do número de visitantes e das estratégias de financiamento adotadas.

No caso das TUIs, as limitações identificadas apresentam aspectos similares aos estudos que envolveram o uso da RA, como questões técnicas, de manutenção e de usabilidade. Em Santos et al. (2025), por exemplo, foram apontados problemas relacionados à sensibilidade e à detecção precisa do toque, além da necessidade de soluções para a reposição do material físico devido ao desgaste provocado pelo manuseio. Ademais, os autores destacaram que o tipo de toque influencia a eficiência da interação, sendo necessária a mediação e orientação inicial aos usuários.

### **3.4.3 QP3: *A RA ou as TUIs são mencionadas nos estudos como tecnologia assistiva?***

Entre os 20 estudos analisados, apenas 9 (45%) estabeleceram alguma relação entre a Realidade Aumentada (RA) ou as Interfaces Tangíveis de Usuário (TUIs) e a acessibilidade para pessoas com deficiência. No entanto, apenas parte desses estudos as classificou explicitamente como tecnologias assistivas. Em sua maioria, nas investigações que envolvem públicos com deficiência, como pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA), Deficiência Visual (DV) ou Síndrome de Down (SD). Enquanto outros apenas sinalizam o potencial inclusivo das tecnologias, ao destacar suas contribuições para a mediação multissensorial, a interação física ou a personalização da experiência de aprendizagem.

As TUIs foram amplamente reconhecidas como recursos que ampliam a acessibilidade por meio da interação física, favorecendo a mediação multissensorial da informação e a aprendizagem pelo toque. Como exemplo, destacam-se os estudos de Vaz et al. (2016) e Pietroni et al. (2021), já descritos em seções anteriores, que utilizaram essa tecnologia para promover a acessibilidade de pessoas com deficiência visual em contextos museológicos. Outros estudos também atribuíram às TUIs funções assistivas em seus experimentos, como De Luca et al. (2025), que evidenciaram seus benefícios no desenvolvimento das habilidades de compreensão e memória em crianças com TEA, no contexto da contação de histórias. Já Jurgina et al. (2025), ao proporem uma interface tangível para apoiar o processo de alfabetização de crianças e jovens com Síndrome de Down, destacaram que a multissensorialidade proporcionada por esse tipo de interface favoreceu uma aprendizagem mais intuitiva, autônoma e envolvente aos usuários.

Em relação à RA, embora tenha sido aplicada com públicos com deficiência em menor escala, seu uso pode assumir função assistiva quando integrado a abordagens multissensoriais, como no estudo de Pietroni et al. (2021), que combinou interfaces tangíveis, audiodescrição e mediação humana para ampliar a acessibilidade de visitantes com deficiência visual.

#### 4 Considerações Finais

Este trabalho objetivou realizar a fase inicial de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) acerca do uso de tecnologias computacionais na educação não formal, com foco na Realidade Aumentada (RA) e nas Interfaces Tangíveis de Usuário (TUIs). Partindo de um universo de 1.522 trabalhos, e após a aplicação do protocolo metodológico, chegou-se ao número de 20 estudos considerados aceitos dentro do escopo inicialmente definido.

A análise permitiu diagnosticar que a Realidade Aumentada e as Interfaces Tangíveis de Usuário em espaços não-formais de educação, configuram um nicho com arcabouço teórico ainda restrito, indicando um campo de investigação promissor e passível de exploração a partir das lacunas identificadas. As tecnologias analisadas demonstram potencial para enriquecer as experiências educativas em espaços não formais, favorecendo tanto a compreensão conceitual quanto o envolvimento do público.

Entretanto, foram observadas limitações associadas especialmente à infraestrutura dos espaços museológicos e das instalações, evidenciando que, embora essas tecnologias atuem como facilitadoras da aprendizagem, sua implementação requer planejamento técnico, adaptações e realização de testes de usabilidade. Ademais, foi possível observar que, apesar da RA e TUIs apresentem potencial para atuação como recursos assistivos, seu reconhecimento formal como tecnologias assistivas ainda é restrito na literatura. Observou-se, contudo, que a maior parte dos estudos voltados a públicos com deficiência fez uso de TUIs em suas aplicações, o que reforça seu potencial enquanto tecnologia mais alinhada às necessidades de acessibilidade desses usuários, especialmente por seu caráter multissensorial, que favorece a exploração por meio do toque, de estímulos sonoros e da interação física direta com os conteúdos.

#### 5 Referências

- COSTA, V. K. *et al.* Methodologies and evaluation tools used in tangible user interfaces: A systematic literature review. In: **Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**. p. 1-9, 2018.
- DE BÉRIGNY, C.; GOUGH, P.; FALEH, M.; WOOLSEY, E. Tangible user interface design for climate change education in interactive installation art. **Leonardo**, Cambridge, v. 47, n. 5, p. 488–489, 2014.
- DE LUCA, M. *et al.* Using Tangible User Interfaces (TUIs): preliminary evidence on memory and comprehension skills in children with autism spectrum disorder. **Behavioral Sciences**, Basel, v. 15, n. 3, p. 267, 2025.
- GARBIN, T. R., DAINESE, C. A., KIRNER, C. Sistema de Realidade Aumentada para Trabalho com Crianças Portadoras de Necessidades Especiais. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém: Editora SBC, p. 289-297, 2006.
- HATALA, M.; WAKKARY, R. Ontology-based user modeling in an augmented audio reality system for museums. **User Modeling and User-Adapted Interaction**, [S.l.], v. 15, n. 3–4, p. 339–380, 2005.
- ISHII, H. Tangible bits: beyond pixels. In: **Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction**. p. xv-xxv, 2008.

JACOBUCCI, D.F.C. Contribuição dos espaços não-formais de educação para a formação da cultura científica. **Revista em Expansão**, n. 7, p. 57–66, 2008.

JURGINA, L. Q. et al. Usability evaluation of a multisensory tool for literacy of children and young people with Down syndrome. In: **IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDUCON)**, 2025, Lisboa. *Proceedings*. IEEE, p. 1–8, 2025

KIRNER, C., TORI, R. Fundamentos de Realidade Aumentada. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém: Editora SBC, p. 22-38, 2006.

KITCHENHAM, B; CHARTERS, S. M. Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering (EBSE 2007-001). **Keele University and Durham University Joint Report**, 2007.

KITCHENHAM, B. *et al.* Systematic Literature Reviews in Software Engineering: a systematic literature review. **Information and Software Technology**, v. 51, n. 1, p. 7-15. Disponível em: Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review – ScienceDirect, 2009.

LAUDAZI, L.; BOCCACCINI, D. Tangible user interfaces and learning: a short overview and a classification proposal. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERACTION DESIGN AND CHILDREN**, 13., 2014, Aarhus. *Proceedings*. ACM, p. 349–352, 2014.

NOFAL, E. et al. Situated tangible gamification of heritage for supporting collaborative learning of young museum visitors. **ACM Journal on Computing and Cultural Heritage**, New York, v. 13, n. 1, art. 3, 2020.

PETRELLI, D. Making virtual reconstructions part of the visit: an exploratory study. **Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage**, [S.l.], v. 15, art. e00123, 2019.

PIETRONI, E.; PAGANO, A.; BIOCCA, L.; FRASSINETI, G. Accessibility, Natural User Interfaces, and Interactions in Museums: **The IntARSI Project**. **Heritage**, Basel, v. 4, n. 2, p. 567–584, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/heritage4020034>.

PREUSS, E. *et al.* Uso de mesa tangível na educação inclusiva. In: **Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. SBC, p. 742-751, 2020.

REINWALD, F., BERGER, M., STOIK, C., PLATZER, M., DAMYANOVIC, D. Augmented Reality at the Service of Participatory Urban Planning and Community Informatics – a case study from Vienna. **The Journal of Community Informatics**, North America, 10, nov, 2014.

SANTOS, L. et al. Tapestry: Promoting Marine Noise Pollution Awareness through an Interactive Tangible Tapestry. In: **ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERACTIVE MEDIA EXPERIENCES – IMX**, 2025, Niterói. *Proceedings* [...]. New York: ACM, 2025. p. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1145/3706370.3727856>.

VAZ, R. I. F.; FERNANDES, P. O.; VEIGA, A. C. R. Proposal of a Tangible User Interface to Enhance Accessibility in Geological Exhibitions and the Experience of Museum Visitors. **Procedia Computer Science**, Amsterdam, v. 100, p. 832–839, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.232>.