

Realidade virtual no ensino de física: divulgação, tendências e usabilidade

RESUMO

O presente estudo buscou analisar a utilização da Realidade Virtual (RV) no ensino de Física no contexto brasileiro, a partir de uma revisão sistemática da literatura. Foram consultadas bases de dados nacionais, como o Portal Capes, a Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação (BDSBC) e os anais do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE), o que resultou na seleção de 22 trabalhos. Os resultados indicam que a área da Mecânica é a mais recorrente nas pesquisas analisadas, com crescente uso de dispositivos móveis como plataforma de acesso. Entre as principais potencialidades da RV, destacam-se o aumento do engajamento dos estudantes e a facilitação da compreensão de conceitos abstratos por meio de visualizações imersivas. Por outro lado, as dificuldades envolvem limitações na fidelidade das simulações às leis físicas, especialmente em ambientes genéricos, bem como a ausência de modelos de avaliação pedagógica mais consolidados.

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Virtual. Realidade Aumentada. Ensino de Física.

Jeirla Alves Monteiro

jeirla@gmail.com

[0000-0002-9329-5930](tel:0000-0002-9329-5930)

Universidade Federal do Pará,
Belém, Pará, Brasil.

**Antonio de Lisboa Coutinho
Junior**

lisboajr@gmail.com

[0000-0001-7270-7759](tel:0000-0001-7270-7759)

Instituto Federal do Ceará,
Fortaleza, Ceará, Brasil.

**Isabel Cristina Rodrigues de
Lucena**

ilucena@ufpa.br

[0000-0001-9515-101X](tel:0000-0001-9515-101X)

Universidade Federal do Pará,
Belém, Pará, Brasil.

Gilvandenys Leite Sales

denyssales@ifce.edu.br

[0000-0002-6060-2535](tel:0000-0002-6060-2535)

Instituto Federal do Ceará,
Fortaleza, Ceará, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O uso da Realidade Virtual (RV) no processo educacional tem ganhado destaque nos últimos anos (Prahani *et al.*, 2022). Esse crescimento é evidenciado pelo aumento no número de estudos que relacionam a RV à educação em âmbito internacional (Budi *et al.*, 2021; Diziz; Pastorio, 2023; Koumpouros, 2024; Lampropoulos *et al.*, 2024).

O termo “Realidade Virtual” foi criado na década de 1980 pelo pesquisador Jaron Lanier. No entanto, o desenvolvimento dessa tecnologia remonta a períodos anteriores, como o *Head-Mounted Display* de Ivan Sutherland, na década de 1960. Desde então, a RV passou por diferentes marcos evolutivos, incluindo a comercialização de dispositivos como luvas de dados nos anos 1980 e, mais recentemente, sua democratização por meio de smartphones e dispositivos de baixo custo, como o Google *Cardboard* (Netto *et al.*, 2002).

Por se tratar de um conceito amplo, a RV é definida de diferentes maneiras por acadêmicos, desenvolvedores e pesquisadores, o que resulta em múltiplas definições na literatura (Netto *et al.*, 2002). De modo geral, compreende-se a RV como uma tecnologia que possibilita a criação de ambientes virtuais simulados, nos quais os usuários podem interagir de forma imersiva. Esses ambientes, gerados por computador, podem tanto reproduzir o mundo real quanto representar cenários fictícios (Lampropoulos *et al.*, 2024).

Com o avanço tecnológico, a RV tornou-se aplicável em diversas áreas do conhecimento, como economia, arquitetura, turismo, urbanismo, odontologia, anatomia, educação e engenharias (Prahani *et al.*, 2022). No campo educacional, observa-se uma variedade de aplicações, incluindo aprendizagem intercultural, laboratórios tridimensionais, experiências imersivas e promoção da aprendizagem significativa.

Especificamente no ensino de Física, a RV apresenta grande potencial, pois possibilita aos estudantes interagir com ambientes simulados e explorar fenômenos físicos de maneira imersiva (Budi *et al.*, 2021). Dessa forma, conceitos abstratos deixam de ser apenas descritos de forma teórica e passam a ser visualizados e experimentados pelos alunos.

No cenário internacional, revisões como a de Merchant *et al.* (2014) já apontavam ganhos na eficácia do uso da RV em áreas STEM. No Brasil, por sua vez, observa-se uma evolução no uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Física, que passaram de simulações bidimensionais, como as desenvolvidas em Flash, para ambientes tridimensionais mais complexos.

De acordo com Diziz e Pastorio (2023), as pesquisas sobre o uso da RV no ensino de Física têm crescido de forma contínua. No entanto, apesar desse aumento, as tendências dessas investigações ainda não estão claramente consolidadas. Diante disso, este trabalho busca investigar como pesquisadores brasileiros têm utilizado a RV no ensino de Física.

2 METODOLOGIA

A metodologia deste estudo seguiu o protocolo de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que envolve identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas

disponíveis relacionadas a uma questão de pesquisa específica, tópico ou fenômeno de interesse (Kitchenham, 2004). O artigo está estruturado de acordo com as diretrizes do protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*) (Moher *et al.*, 2009), que detalha as etapas essenciais para a condução de revisões sistemáticas. Essas etapas possuem ampla aplicação em pesquisas que visam estudar um tema em profundidade, examinando as produções já realizadas e publicadas (Grant; Booth, 2009).

O objetivo desta revisão foi analisar três aspectos relativos à RV no ensino de Física: a divulgação, as tendências e a usabilidade. Para isso, foram traçadas questões de pesquisa para cada aspecto, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Questões de pesquisa

Aspectos	Questões
Divulgação	Q.1. Quem são os autores de maior destaque? Q.2. Quais são as instituições mais atuantes? Q.3. Em quais revistas/eventos os trabalhos foram publicados?
Tendências	Q.4. Quais áreas da física são abordadas? Q.5. Qual é o segmento de ensino dos trabalhos? Q.6. Quais softwares são utilizados ou mencionados nos trabalhos? Q.7. Quais ferramentas de desenvolvimento e sistema operacionais são utilizadas para construir aplicativos de realidade virtual para o ensino de física?
Usabilidade	Q.8. Quais são as ferramentas de avaliação utilizadas nos trabalhos? Q.9. Como os trabalhos avaliam a RV no ensino de Física?

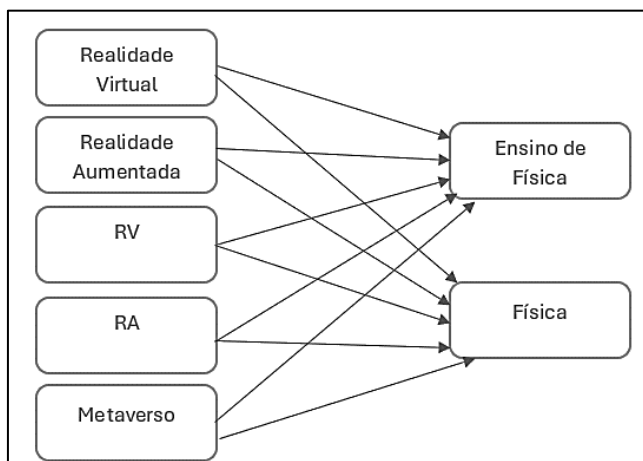
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

As bases de dados utilizadas para a busca dos trabalhos foram o Portal de Periódicos da Capes, a Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação (BDSBC) e os Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE).

2.1 Protocolo

Para a construção da *string* de busca, foram combinados diversos termos relacionados à RV no contexto do ensino de Física. Três artigos de referência foram selecionados para identificar as palavras-chave e compor os termos de pesquisa. Tais artigos utilizavam descritores como 'realidade virtual', 'realidade aumentada', 'RA' e 'RV'. A partir dessa análise, incorporou-se também o termo 'metaverso', sendo todos combinados com as expressões 'ensino de física' e 'física'. A Figura 1 apresenta a composição final da *string* de busca.

Figura 1 – Combinação de termos (*string* de busca)



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Cada base de dados exige uma modelagem específica dos termos de busca (Quadro 2), a fim de localizar a maior quantidade possível de trabalhos. No Portal de Periódicos da Capes, foi necessária a aplicação de dois filtros: idioma e tipo de material. Para o primeiro, selecionou-se a opção 'qualquer idioma' e, para o segundo, a opção 'artigo', visto que a análise de teses e dissertações não é o foco deste trabalho.

Quadro 2 – Modelagem de busca

Base	Modelagem da busca
Portal CAPES	Qualquer → realidade virtual AND Qualquer → Contém → ensino de física Idioma: qualquer idioma Tipo de material: Artigo
BDSBC - Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação	Bases: anais de eventos e periódicos Qualquer lugar: realidade virtual OR realidade aumentada OR metaverso OR ra OR rv AND ensino de física OR física Idioma: inglês, espanhol e português
WCBIE – Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação	Pesquisa em todas as categorias: realidade virtual OR realidade aumentada OR metaverso OR ra OR rv AND ensino de física OR física

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Com o intuito de identificar apenas os estudos que respondam às questões de pesquisa, foram definidos critérios de inclusão e exclusão, apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Critérios de filtragem

Nº	Descrição	Critério
1	Aborda a realidade virtual no ensino de física	Inclusão
2	Construção de software/jogo com realidade virtual para o ensino de física	Inclusão
3	Trabalhos aplicados e teóricos	Inclusão
4	Trabalho não é voltado para o ensino de física no Brasil	Exclusão
5	Trabalhos sobre realidade virtual, porém para outras disciplinas	Exclusão
6	Trabalho duplicado	Exclusão
7	Trabalho é uma revisão sistemática	Exclusão

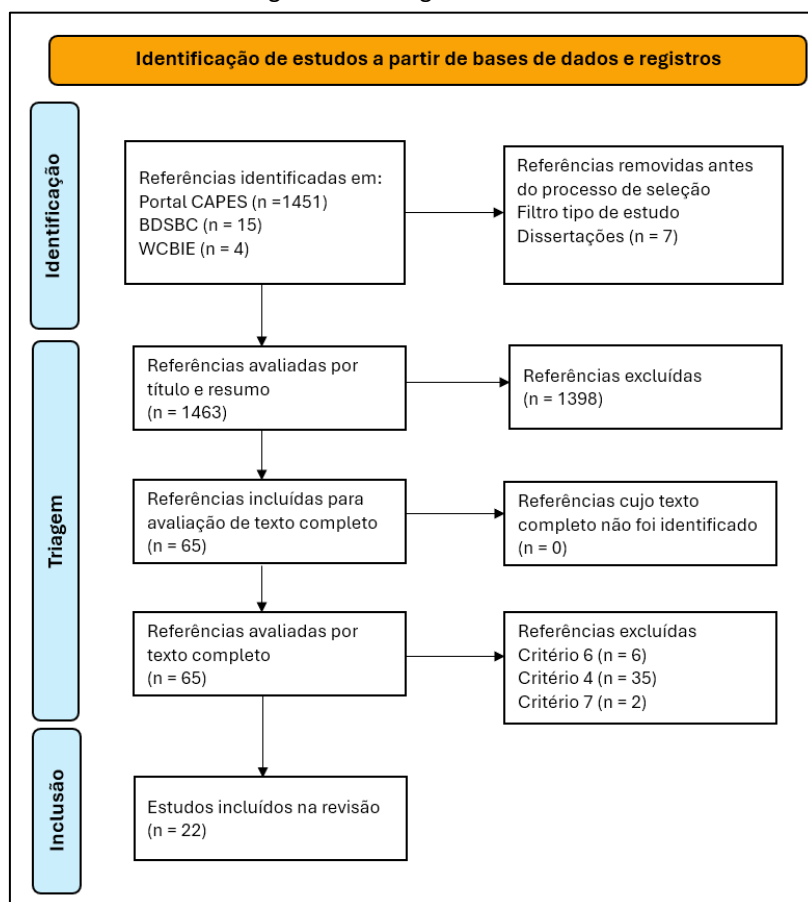
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

3 EXECUÇÃO E RESULTADOS

Inicialmente, a *string* de busca foi executada nas bases de dados selecionadas. No Portal de Periódicos da Capes, foram localizados 1.451 registros, dos quais 7 foram excluídos por se tratarem de dissertações. Na BDSBC, foram encontrados 15 trabalhos, enquanto na WCBIE identificaram-se 4 estudos. Todos os registros foram inseridos no *software* Mendeley para fins de organização e aplicação dos critérios de filtragem.

A filtragem foi realizada em duas etapas. A primeira consistiu na leitura de títulos e resumos, a fim de identificar os trabalhos que se adequavam aos critérios estabelecidos. Ao final dessa fase, 65 artigos foram selecionados para leitura na íntegra. Na segunda etapa, após a leitura completa e a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, a amostra final resultou em 22 trabalhos para análise. O processo de seleção e inclusão está detalhado na Figura 2.

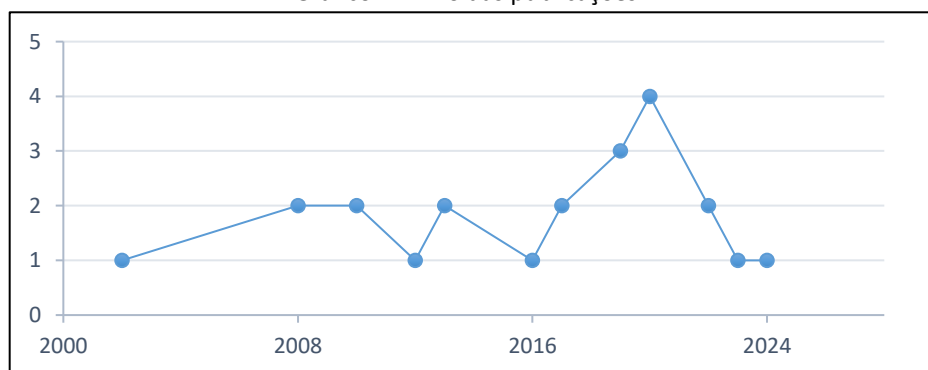
Figura 2 – Fluxograma PRISMA



Fonte: Adaptado de Moher *et al.* (2009).

A partir da análise dos 22 trabalhos selecionados, observou-se que o ano com o maior volume de publicações sobre RV no ensino de Física foi 2020. A pesquisa mais antiga identificada data de 2002, conforme ilustrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Ano das publicações



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Os estudos mapeados encontram-se organizados no Quadro 4, onde constam o título, o ano de publicação e a codificação atribuída a cada trabalho, utilizada para referência nas análises subsequentes.

Quadro 4 – Relação dos trabalhos

COD	Referência	Título
T01	Trentim e Tarouco (2002)	Proposta de utilização de um laboratório virtual de física na melhoria do processo de ensino-aprendizagem
T02	Forte <i>et al.</i> (2008)	Implementação de Laboratórios Virtuais em Realidade Aumentada para Educação à Distância
T03	Santos (2008)	Virtual, Real ou Surreal? A Física do Second Life
T04	Greis e Reategui (2010)	Um Simulador Educacional para Disciplina de Física em Mundos Virtuais
T05	Falcão e Machado (2010)	Um Laboratório Virtual Tridimensional e Interativo para Suporte ao Ensino de Física
T06	Viegas <i>et al.</i> (2012)	Ferramenta de Apoio ao ensino de Física utilizando Realidade Aumentada
T07	Silva e Sousa (2013)	O uso da realidade virtual para o ensino de física quântica
T08	Ribeiro <i>et al.</i> (2013)	Realidade Aumentada Aplicada ao Ensino e Aprendizagem do Campo Magnético de um Ímã em Forma de Ferradura
T09	Oliveira e Manzano (2016)	Aplicações de realidade aumentada no ensino de Física a partir do software LAYAR
T10	Gonçalves <i>et al.</i> (2017)	Avaliação do desenvolvimento de ambientes de Realidade Aumentada elaborados por alunos do ensino médio em aulas de física
T11	Oliveira e Manzano (2017)	Desenvolvimento, utilização e avaliação da realidade aumentada em aulas de física
T12	Melendez <i>et al.</i> (2019)	Lançamento Horizontal Com Realidade Virtual: Jogo Educativo para Smartphones Desenvolvido por Estudantes da Educação Profissional
T13	Gonçalves e Oliveira (2019)	Elaboração de Materiais de Realidade Aumentada por Estudantes de Ensino Médio: Impactos e Possibilidades
T14	Nicolette <i>et al.</i> (2019)	Estudo exploratório sobre realidade aumentada e laboratório remoto no ensino de física.
T15	França e Silva (2020)	A realidade virtual e aumentada dedicada ao processo ensino-aprendizagem de física: socialização da concepção e validação do aplicativo RVA_360 – Momento Angular
T16	Herpich <i>et al.</i> (2020)	Atividade educacional utilizando Realidade Aumentada para o Ensino de Física no Ensino Superior
T17	Kagimura e Kalaki (2020)	Aplicativo móvel de realidade virtual para o ensino multidisciplinar de conteúdos de Óptica
T18	Panke e Góes (2020)	Realidade Aumentada como Recurso Didático para o Ensino e Aprendizado de Escalas Planetárias e Estelares
T19	Tito e Moraes (2022)	Realidade Virtual para Ensino da Física: análise do engajamento e presença de uma experiência imersiva no aprendizado da Cinemática
T20	Vahldick e Vieira (2022)	Um Jogo Sérioso em Dispositivos Móveis para o Aprendizado de Física utilizando Realidade Aumentada
T21	Santos <i>et al.</i> (2023)	AURORA: Protótipo de Aprendizagem no Ensino de Física Integrando Mapas Conceituais e Tecnologia Computacional

T22	Neto <i>et al.</i> (2024)	Aplicabilidade da realidade aumentada no ensino de física
-----	------------------------------	---

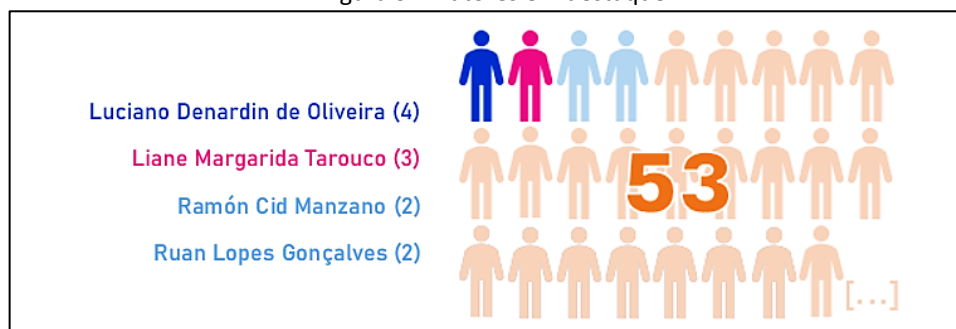
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

3.1 Divulgação

Q.1. Quem são os autores de maior destaque?

Identificou-se um total de 57 pesquisadores que contribuíram para as produções sobre RV no ensino de Física. Verificou-se que dois autores se destacaram com três ou mais publicações cada (Figura 3), enquanto outros dois autores registraram duas publicações. Os demais 53 pesquisadores figuraram em apenas um trabalho da amostra.

Figura 3 – Autores em destaque



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Q.2. Quais são as instituições mais atuantes?

No que se refere às instituições de ensino envolvidas nas pesquisas, foram contabilizadas 24 organizações distintas. Desse total, 17 são universidades públicas e sete são instituições privadas (incluindo uma escola de Ensino Médio, o Colégio Marista Assunção, localizado em Porto Alegre). Entre as instituições mapeadas, duas se destacaram com mais de quatro trabalhos cada, três registraram dois trabalhos e as demais apresentaram apenas uma publicação. A Figura 4 apresenta as instituições de maior destaque nas pesquisas sobre RV no ensino de Física.

Figura 4 – Instituições em destaque



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Q.3. Em quais revistas/eventos os trabalhos foram publicados?

Em relação aos veículos de divulgação, foram identificadas 10 revistas e cinco eventos distintos, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Revistas e Eventos

Revistas	Eventos
RENTE – Revista Novas Tecnologias na Educação	Congresso Brasileiro de Informática na Educação
ENCITEC – Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista	Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada
RBECT – Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
RVC – Revista Vitruvian Cogitationes	Workshop de Realidade Virtual e Aumentada
BJD – Brazilian Journal of Development	Workshop de Informática Na Escola
REnCiMa – Revista de Ensino de Ciências e Matemática	
EENCI – Revista Experiências em Ensino de Ciências	
Revista Brasileira de Informática na Educação	
Informática na educação: teoria & prática	
Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología	

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A revista com o maior volume de publicações sobre RV no ensino de Física foi a RENTE – Revista Novas Tecnologias na Educação, com seis artigos. Na sequência, destaca-se a ENCITEC – Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista, com dois trabalhos; as demais revistas registraram apenas uma publicação cada.

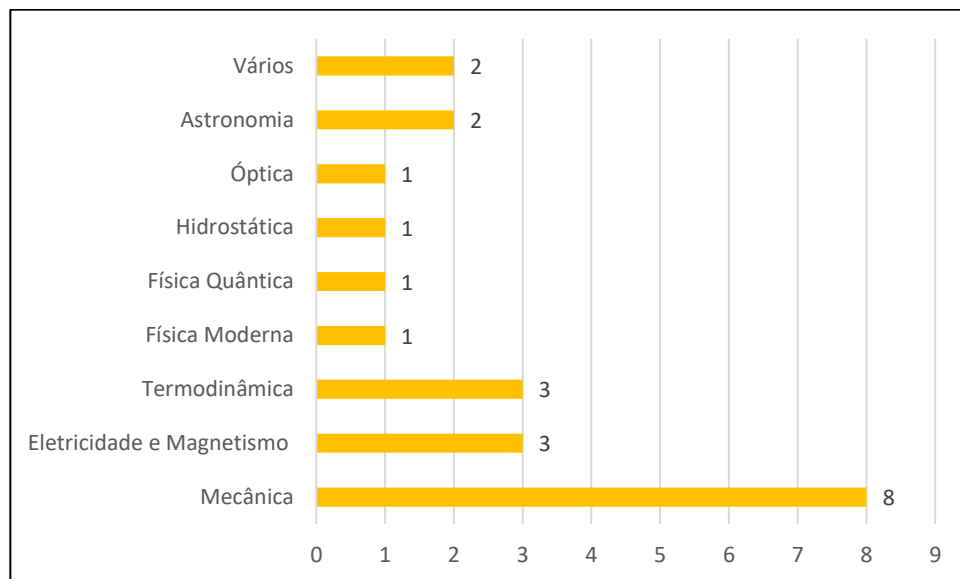
Quanto aos eventos, o destaque principal foi o Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE), com duas publicações, enquanto os demais apresentaram apenas um trabalho cada.

3.2 Tendências

Q4. Quais áreas da Física são abordadas?

A fim de responder a esta questão de pesquisa, extraiu-se o conteúdo conceitual abordado em cada estudo. O Gráfico 2 apresenta as áreas da Física identificadas na amostra.

Gráfico 2 – Áreas da Física



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A análise do Gráfico 2 revela que a Mecânica é a área predominante, sendo o foco de oito trabalhos. Observou-se, ainda, que dois estudos (T01 e T20) abrangem múltiplas áreas da disciplina. O trabalho T01 propõe a implementação de laboratórios virtuais de Física; por tratar-se de um estudo pioneiro e de caráter abrangente, os autores não delimitam um conteúdo específico, concentrando-se na viabilidade técnica da criação de tais ambientes. Já o T20 relata o desenvolvimento de um jogo de perguntas e respostas inspirado no tabuleiro 'Conhecendo a Física', contemplando diversos tópicos da área. A classificação detalhada de cada trabalho por campo temático está apresentada no Quadro 6.

Quadro 6 – Classificação por área da Física

Área	Trabalho
Mecânica	T02, T03, T04, T05, T06, T12, T15, T19
Eletricidade e Magnetismo	T08, T11, T14
Termodinâmica	T10, T13, T16
Física Moderna	T21
Física Quântica	T07
Hidrostatica	T09
Óptica	T17
Astronomia	T18, T22
Vários	T01, T20

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Q.5. Qual é o segmento de ensino dos trabalhos?

Para responder a esta questão, os estudos foram organizados em três categorias: construção de aplicativos, utilização de aplicativos e análise de

aplicativos ou trabalhos teóricos. O Quadro 7 apresenta a categoria à qual cada trabalho pertence.

Quadro 7 – Categorias dos trabalhos

Categoria	Trabalhos
Construção de aplicativos	T02, T05, T06, T07, T08, T12, T14, T15, T17, T20, T21
Utilização de aplicativos	T10, T11, T13, T16, T18, T22
Análise de aplicativos/trabalhos teóricos	T01, T03, T04, T09, T19

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Essa organização permitiu identificar a natureza temática de cada pesquisa. Observa-se que 50% dos trabalhos têm como foco principal o desenvolvimento de um aplicativo de RV. Por outro lado, 23% dos estudos possuem caráter teórico ou de revisão, enquanto 27% descrevem a utilização de ferramentas preexistentes.

Identificou-se, ainda, quais desses trabalhos foram aplicados com alunos ou professores e quais não envolveram intervenções práticas (Quadro 8). A partir dessa análise, percebeu-se que parte dos estudos de construção foi aplicada com o público-alvo, enquanto outros foram apenas submetidos a testes de usabilidade para verificar a funcionalidade da ferramenta desenvolvida.

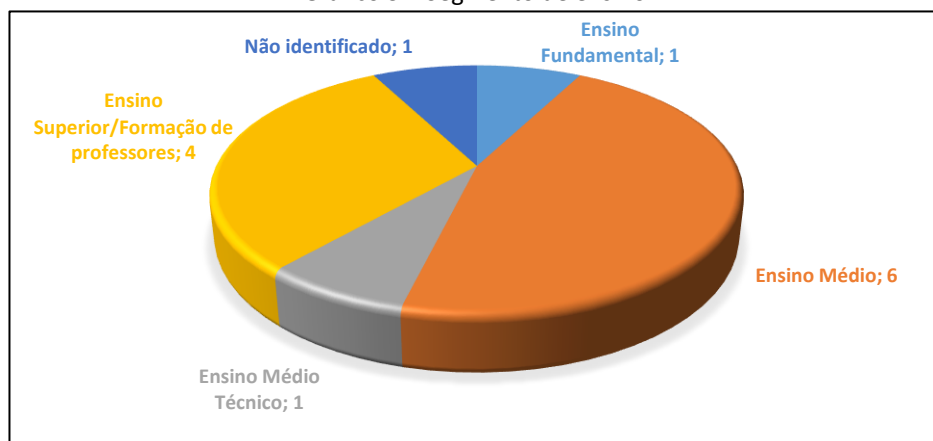
Quadro 8 – Trabalhos aplicados

Tipo	Trabalhos
Aplicados	T05, T07, T08, T10, T11, T13, T14, T16, T18, T22
Não aplicados	T01, T02, T03, T04, T06, T09, T12, T17, T19
Testados	T15, T20, T21

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Diante disso, considerando os 10 trabalhos aplicados e os três testados, extraiu-se o segmento de ensino para o qual a pesquisa foi destinada. Verificou-se que a maior parte das intervenções ocorreu com alunos do Ensino Médio, como ilustrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Segmento de ensino



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

O T05 foi aplicado a 33 alunos do primeiro ano do Ensino Médio (EM); o T07, em duas turmas de terceiro ano; e o T08, com 22 alunos também do terceiro ano do EM. O T10 envolveu duas turmas de segundo ano e o T11 abrangeu 66 estudantes de três turmas de terceiro ano do EM. Já o T13 foi aplicado a uma turma de segundo ano (35 alunos) e o T14 a estudantes do ensino médio técnico em Eletromecânica. Relativamente aos testes e formação, o T15 foi avaliado por oito professores de Física e o T16 por 22 estudantes da licenciatura em Física. O T18 destinou-se ao Ensino Fundamental. Por fim, o T20 foi testado por 40 pessoas com idades entre 18 e 44 anos, o que impossibilitou a identificação de um segmento de ensino específico; o T21 foi validado por professores do ensino politécnico e o T22 envolveu 28 docentes numa aula de formação.

Q.6. Quais aplicativos são utilizados ou mencionados nos trabalhos?

Foram identificados 16 aplicativos de RV, dos quais oito foram utilizados e oito apenas mencionados. O Quadro 9 apresenta a relação destas ferramentas.

Quadro 9 – aplicativos de RV

Utilizados	Mencionados
1. Second life	1. Kaneva
2. Layar	2. HIPIHI
3. AvatAR UFRGS	3. Open Simulator
4. RVA_360	4. Habbo Hotel
5. SkyConquest	5. Club Penguin
6. AURORA	6. There.com
7. LabSEF	7. Meez
8. Zappar	8. Home

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

O aplicativo de maior recorrência foi o Layar, presente em quatro estudos (T09, T10, T11 e T13). Originalmente um *software* voltado à criação e edição de conteúdos de Realidade Aumentada (RA), o Layar encontrou aplicações em diversos setores. Em 2014, a empresa desenvolvedora foi incorporada pela Blippar, mantendo as funcionalidades essenciais de sobreposição de elementos digitais ao mundo físico por meio de dispositivos móveis. No ensino de Física, esta ferramenta é pertinente por tornar conceitos abstratos mais tangíveis. No trabalho T10, por exemplo, o Layar foi utilizado para demonstrar processos de transferência de energia térmica, enquanto no T11 auxiliou na visualização de conceitos de blindagem eletrostática (Gaiola de Faraday).

O segundo aplicativo mais frequente foi o Second Life (SL), identificado em dois trabalhos (T03 e T04). Lançado em 2003 pela Linden Lab, o SL é um ambiente tridimensional onde avatares interagem em um mundo virtual persistente. Embora ofereça possibilidades de simulação e colaboração a distância, sua aplicação no ensino de Física exige cautela pedagógica. O estudo T03 aponta que a física presente no SL é, em parte, desconexa do mundo real; embora variáveis como tempo e comprimento tenham paralelos diretos, grandezas como massa, aceleração e energia possuem definições que divergem da mecânica newtoniana tradicional.

O AvatAR UFRGS é um projeto desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) que visa criar uma plataforma de RA voltada para o ensino e aprendizado. Ele permite a sobreposição de elementos digitais, como imagens, vídeos e modelos 3D, sobre o ambiente físico, proporcionando uma experiência interativa e imersiva para os usuários.

A principal finalidade do AvatAR UFRGS é fornecer uma ferramenta inovadora para facilitar o ensino e a compreensão de conceitos em diversas áreas do conhecimento, desde disciplinas científicas até humanidades. Através dessa plataforma, os educadores podem criar experiências educacionais personalizadas, que vão desde simulações de experimentos até visualizações de conceitos abstratos, tornando o aprendizado mais dinâmico e envolvente. O aplicativo foi utilizado pelo trabalho T16, os autores fizeram uso das simulações “Motor de combustão” e “Espectrometria de Gases”.

O RVA_360 – Momento Angular foi uma ferramenta criada por França e Silva (2020), no estudo T15. É um aplicativo imersivo, que inicialmente tinha como foco, vídeos em 360 graus. Após as modificações, os autores construíram uma ferramenta de adaptação de experiências de RV para um formato panorâmico de 360 graus. O personagem principal é um motociclista, e o usuário deve escolher uma moto e fazer manobras, a fim de verificar os conceitos de velocidade, aceleração, energia cinética, energia potencial, entre outros.

O SkyConquest é um software educacional de RA que possibilita comparações dentre as características planetárias e estelares. Foi criado por Panke e Goes (2019), e utilizado no estudo T18.

O AURORA é um software interativo que é focado na criação de mapas conceituais. Foi desenvolvido por Santos *et al.* (2023), no estudo T21.

O LabSEF é um laboratório virtual tridimensional projetado para estimular os estudantes de Física. Foi criado por Falcão e Machado (2010), no estudo T05. De acordo com os criadores, no LabSEF os usuários podem reproduzir e coletar dados de simulações de experimentos impossíveis de serem realizados no mundo real. Esses experimentos podem ser repetidos com diferentes conjuntos de dados para reforçar a aprendizagem. Todas as simulações incluem animações gráficas tridimensionais, permitindo que os usuários visualizem a execução dos experimentos de qualquer ângulo e explorem o ambiente virtual.

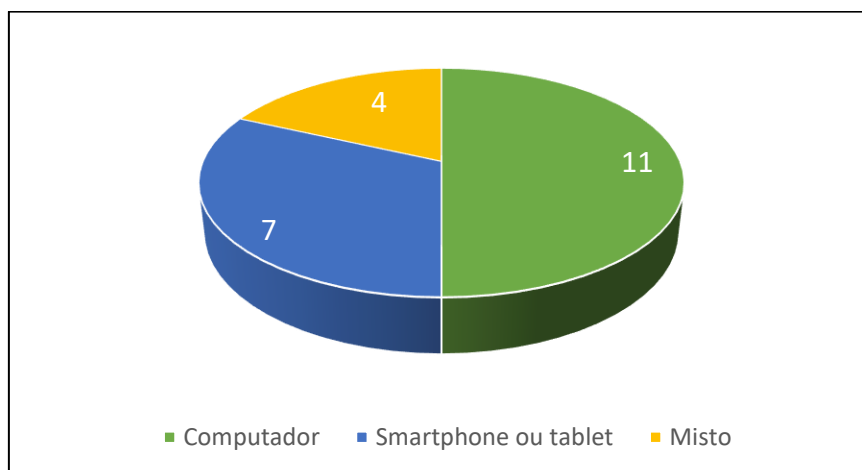
O Zappar é uma plataforma de RA que permite aos usuários, criar, compartilhar e experimentar conteúdos digitais interativos sobrepostos ao mundo físico. Através do Zappar, os desenvolvedores podem criar experiências de RA utilizando uma variedade de elementos, como imagens, vídeos, modelos 3D, jogos e animações. Ele foi utilizado no estudo T22.

O Kaneva, o HIPIHI, o Open Simulator, o Habbo Hotel, o Club Penguin, o There.com, o Meez e o Home são mundos virtuais, semelhantes ao Second Life, e foram mencionados no estudo T04.

Q.7. Quais ferramentas de desenvolvimento e sistema operacionais são utilizadas para construir aplicativos de realidade virtual para o ensino de física?

Para identificar os sistemas operacionais, analisou-se a ferramenta de suporte utilizada ou mencionada em cada estudo. Constatou-se que 50% dos trabalhos utilizam exclusivamente o computador; 32% recorrem a *smartphones* ou *tablets*; e 18% apresentam caráter misto, empregando ambos os dispositivos (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Ferramentas utilizadas



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Após essa triagem inicial, foram analisados especificamente os estudos classificados na categoria "Construção de aplicativos", a fim de identificar as plataformas utilizadas no desenvolvimento. Verificou-se que todas as produções voltadas para dispositivos móveis adotaram o sistema operacional Android.

Conforme Oliveira *et al.* (2014), o Android é uma plataforma de *software* desenvolvida inicialmente pela Android Inc. e adquirida em 2005 pelo Google. O sistema foi projetado para dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, mas sua aplicação estende-se a *smartwatches*, televisores e até sistemas automotivos.

Baseado no núcleo Linux, o Android passou por constantes atualizações, tornando-se uma das plataformas mais populares globalmente em número de usuários (Oliveira *et al.*, 2014). Uma de suas principais vantagens é o caráter *open-source* (código aberto), o que permite aos desenvolvedores acessar e modificar o código-fonte para a criação de versões personalizadas do sistema.

Essa versatilidade oferece uma ampla gama de recursos para diferentes contextos educacionais, facilitando a integração com tecnologias de RV e RA, sejam elas imersivas ou não. Em contrapartida, os trabalhos que utilizam o computador como ferramenta de suporte não especificaram o sistema operacional adotado, conforme detalhado no Quadro 10.

Quadro 10 – Sistema operacional

Sistema Operacional	Trabalho
Android	T08, T12, T14, T17, T20
Não especificado	T02, T05, T06, T07, T15, T21

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

No que diz respeito às ferramentas de desenvolvimento, a maioria dos estudos voltados à criação de aplicativos utilizou a *Unity* (T07, T12, T14, T15, T17 e T20). Isso pode ser atribuído ao fato de a *Unity AR Foundation* ser um *framework* multiplataforma que permite desenvolver experiências de RA e, posteriormente, construir aplicativos para sistemas Android e iOS sem esforço adicional de recodificação. Além disso, a *Unity* é uma plataforma líder na criação de conteúdo 3D em tempo real (Koumpouros, 2024).

O estudo T05 descreveu o emprego da linguagem de programação Java para a construção de um laboratório virtual. De acordo com Junior *et al.* (2012), uma das principais características dessa linguagem é a portabilidade, permitindo que programas sejam executados em diferentes plataformas sem a necessidade de recompilação. Java é amplamente utilizado no desenvolvimento de aplicações para *desktop*, *web*, servidores e dispositivos móveis. Trata-se de uma linguagem interpretada, na qual o código-fonte é compilado para um formato intermediário, o *bytecode*, executado pela *Java Virtual Machine* (JVM).

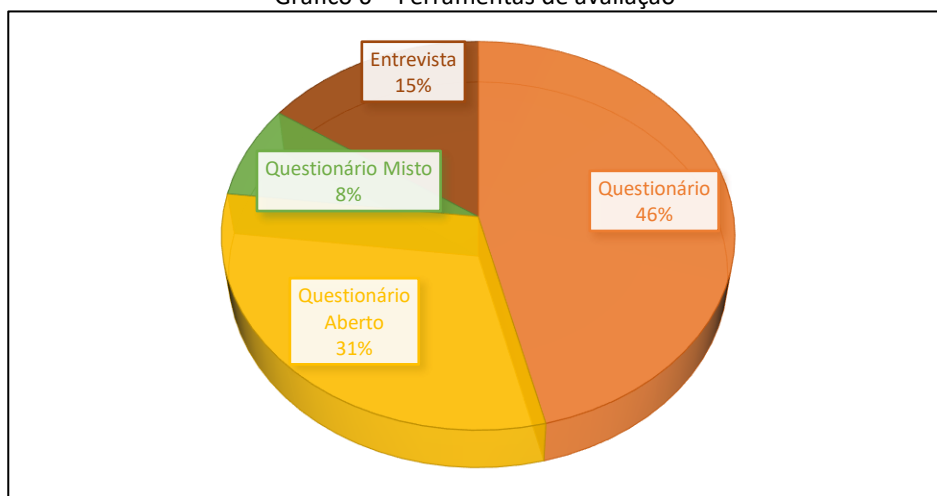
Por sua vez, o estudo T21 relatou a utilização da linguagem C++ na criação de um *software* de construção de mapas conceituais. Conforme Junior *et al.* (2012), a C++ foi concebida como uma extensão da linguagem C, sendo reconhecida por sua eficiência e capacidade de lidar com programação de baixo nível, motivo pelo qual é amplamente empregada no desenvolvimento de sistemas operacionais, jogos e aplicações de alta performance.

3.3 Usabilidade

Q.8. Quais são as ferramentas de avaliação utilizadas nos trabalhos?

Quanto às ferramentas de avaliação, verificou-se que a maioria dos estudos com aplicação prática ou testes de usabilidade utilizou questionários fechados. Esses instrumentos visaram mensurar tópicos como usabilidade, facilidade de manuseio, relevância do aplicativo para o ensino de Física, satisfação e motivação dos usuários. O Gráfico 6 apresenta a distribuição dessas ferramentas, enquanto o Quadro 11 estabelece a relação entre cada trabalho e os instrumentos de avaliação adotados.

Gráfico 6 – Ferramentas de avaliação



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Quadro 11 – Ferramentas de avaliação de cada trabalho

Ferramenta de Avaliação	Trabalho
Questionário fechado	T05, T07, T08, T14, T16, T20
Questionário Aberto	T10, T11, T13, T22
Questionário Misto	T15
Entrevista	T18, T21

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Os estudos T14, T16 e T20 empregaram o questionário MAREEA (*Mobile Augmented Reality Educational Approaches Evaluation Model*). Esta ferramenta foi desenvolvida para suprir uma lacuna na compreensão da eficácia de abordagens educacionais baseadas em RA móvel. O modelo fundamentou-se na necessidade de analisar não apenas a tecnologia de forma isolada, mas também sua aplicação e impacto no contexto pedagógico (Herpich *et al.*, 2019).

Uma característica central do MAREEA é sua abordagem multidimensional, que reconhece que a eficácia da RA na educação resulta de uma combinação de fatores pedagógicos, tecnológicos e de usabilidade. O instrumento compreende componentes inter-relacionados que abrangem categorias como *design* instrucional, engajamento, motivação, aprendizagem ativa e acessibilidade (Herpich *et al.*, 2019).

Q.9. Como os trabalhos avaliam a RV no ensino de Física?

As pesquisas que realizaram intervenções práticas convergiram para avaliações favoráveis quanto à utilização da tecnologia de RV no ensino de Física. Os principais benefícios educativos identificados foram organizados no Quadro 12, permitindo uma visão sistêmica das potencialidades dessa tecnologia.

Quadro 12 – Síntese das Potencialidades da RV no Ensino de Física

Potencialidade	Impacto	Trabalhos relacionados
Visualização de Conceitos	Facilita a compreensão de fenômenos abstratos e invisíveis (como campos magnéticos e cinemática) por meio de modelos 3D.	T05, T08
Gamificação	Fomenta o pensamento crítico e o engajamento através de narrativas imersivas e sequências de desafios	T07
Aprendizagem Experiencial	Permite o "aprender fazendo" em laboratórios virtuais, desenvolvendo habilidades práticas e de resolução de problemas.	T14
Imersão e Presença	Transporta o aluno para cenários de difícil acesso (como o espaço ou o nível subatômico), promovendo aprendizagem ativa.	T18

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Com relação à Visualização de Conceitos Complexos, o estudo T05 demonstrou que o uso de laboratórios virtuais tridimensionais tornou conceitos da cinemática mais tangíveis. Ao explorar modelos 3D, os estudantes alcançaram uma compreensão mais profunda de fenômenos que, em ambientes tradicionais, permanecem no campo da abstração.

Quanto à Gamificação, destaca-se o estudo T07 pela complexidade narrativa e pelo sequenciamento de fases de sua proposta sobre Física Quântica. Conforme Lampropoulos *et al.* (2024), a RV aplicada à gamificação educacional promove não apenas o aprendizado agradável, mas também habilidades colaborativas e tomadas de decisão sob condições simuladas.

No âmbito do Engajamento e da Aprendizagem Experiencial, os trabalhos T08 e T14 reforçaram que a interação com objetos virtuais (como campos magnéticos e circuitos elétricos) coloca o aluno como protagonista. Essa postura ativa é essencial para a construção de uma aprendizagem significativa, permitindo que o estudante experimente o método científico de forma segura e controlada.

Um elemento transversal a quase todas as pesquisas aplicadas foi a motivação. No ensino de Física, a motivação é frequentemente apontada como um dos desafios mais complexos para o docente (Silva *et al.*, 2018). Verificou-se que a introdução da RV funcionou inicialmente como um fator de motivação extrínseca (pela novidade tecnológica), o que, por sua vez, propiciou a motivação intrínseca e o interesse genuíno pelo conteúdo de Física. Essa transição motivacional ficou evidente nos estudos T05, T07, T08 e T15.

4 CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi analisar a aplicação da RV no ensino de Física. Para isso, foram investigados três aspectos principais: a divulgação, as tendências e a usabilidade. A pesquisa consistiu em uma revisão sistemática da literatura, realizada com o intuito de responder às questões de pesquisa definidas para cada um desses aspectos.

A RV pode facilitar a visualização de conceitos complexos, tornando fenômenos físicos abstratos mais compreensíveis e concretos. Além disso, possibilita a criação de simulações do mundo real e de experiências gamificadas, permitindo que os alunos explorem e interajam com os conteúdos de forma potencialmente mais significativa. A partir da análise de uma amostra final de 22 artigos, foi possível traçar um diagnóstico do cenário nacional.

No que diz respeito à divulgação, identificou-se a participação de 57 pesquisadores vinculados a 24 instituições distintas, sendo a maioria composta por universidades públicas. Os trabalhos estão distribuídos em 10 periódicos e cinco eventos científicos, o que revela uma rede de disseminação ainda em consolidação, embora geograficamente diversa.

Quanto às tendências, a Mecânica consolidou-se como a área da Física mais explorada, o que pode ser explicado por sua natureza visual e vetorial, que se beneficia diretamente da tridimensionalidade. A análise também permitiu distinguir produções voltadas ao desenvolvimento de ferramentas próprias daquelas que utilizam softwares preexistentes. Observou-se a predominância do sistema operacional Android e da plataforma Unity como padrões técnicos para o desenvolvimento de aplicações imersivas. Além disso, o software Layar (atualmente Blippar) e o ambiente Second Life destacaram-se como os recursos mais recorrentes na literatura analisada.

No aspecto da usabilidade, a RV foi, de modo geral, bem avaliada. Os benefícios pedagógicos convergem para cinco pontos principais: a visualização de conceitos complexos, a gamificação, o engajamento estudantil, a aprendizagem experiencial e a realização de visitas virtuais a ambientes de difícil acesso. No entanto, identificou-se uma lacuna relevante: a ausência de discussões sobre dificuldades, barreiras técnicas ou insucessos pedagógicos. Essa ausência de contrapontos sugere que a área ainda se encontra em uma fase de entusiasmo tecnológico, carecendo de estudos que investiguem de forma mais crítica os desafios de implementação.

Diante disso, embora a incorporação da RV no ensino de Física se mostre promissora, pesquisas futuras devem avançar para além do caráter descritivo. Permanecem em aberto questões importantes, como: o tempo necessário para o letramento tecnológico de alunos e professores; a relação entre a motivação inicial gerada pela novidade tecnológica e a aprendizagem conceitual a longo prazo; e a eficácia comparativa entre experiências imersivas e não imersivas.

Conclui-se que a utilização da RV no ensino de Física apresenta implicações práticas significativas, com potencial para transformar a abordagem de conteúdos abstratos em experiências interativas e concretas. Para que essa tecnologia alcance maior maturidade pedagógica, torna-se fundamental o desenvolvimento de estudos que analisem, de forma mais aprofundada, a relação entre os custos de implementação e os ganhos efetivos de aprendizagem.

VIRTUAL REALITY IN PHYSICS EDUCATION: DISSEMINATION, TRENDS, AND USABILITY

ABSTRACT

This study aimed to analyze the use of Virtual Reality (VR) in Physics education within the Brazilian context through a systematic literature review. National databases were consulted, including the CAPES Portal, the Digital Library of the Brazilian Computer Society (BDSBC), and the proceedings of the Brazilian Congress on Informatics in Education (CBIE), resulting in a final sample of 22 studies. The results indicate that Mechanics is the most frequently addressed area in the analyzed research, with a growing use of mobile devices as access platforms. Among the main potential benefits of VR are increased student engagement and the facilitation of understanding abstract concepts through immersive visualizations. On the other hand, the main challenges include limitations in the fidelity of simulations to physical laws, especially in generic environments, as well as the lack of more robust pedagogical evaluation models.

KEYWORDS: Virtual Reality. Augmented Reality. Physics Education.

REFERÊNCIAS

- BUDI, A. S.; SUMARDANI, D.; MULIYATI, D.; BAKRI, F.; CHIU, P. S.; MUTOHAROH; SIAHAAN, M. *Virtual reality technology in physics learning: Possibility, trend, and tools. Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, v. 7, n. 1, p. 23-34, 2021. Disponível em: <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jpppf/article/view/17578>. Acesso em: 21 fev. 2024.
- DINIZ, V. S.; PASTORIO, D. P. Uma revisão sistemática da literatura sobre a construção e uso dos mundos virtuais 3D no ensino de Física. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 14, n. 2, p. 1-25, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.26843/rencima.v14n2a06>. Acesso em: 26 fev. 2024.
- GRANT, M. J.; BOOTH, A. A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. **Health Information & Libraries Journal**, v. 26, n. 2, p. 91-108, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>. Acesso em: 15 jul. 2026.
- HERPICH, F.; NUNES, F. B.; PETRI, G., NICOLETE, P.; TAROUÇO, L. M. R. Modelo de avaliação de abordagens educacionais em Realidade Aumentada Móvel. **RENOTE: revista novas tecnologias na educação**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 355-364, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/262898>. Acesso em: 21 fev. 2024.
- JUNIOR, M. A. C.; VIRTUOSO, G. H.; MARTINS, P. J. Propriedades desejáveis a uma linguagem de programação: Uma análise comparativa entre as linguagens C, C++ e Java. In: CONGRESSO SUL BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO, 2012, **Anais do Sulcomp**. Criciúma, v. 1, p. 1-3. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/99247234/747-libre.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2026.
- KITCHENHAM, B. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele, UK: Keele University, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228756057_Procedures_for_Performing_Systematic_Reviews. Acesso em: 15 jul. 2026.
- KOUMPOUROS, Y. Revealing the true potential and prospects of augmented reality in education. **Smart Learning Environments**, v. 11, n. 1, p. 2, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40561-023-00288-0>. Acesso em: 03 de maio 2024.
- LAMPROPOULOS, G.; KINSHUK. Virtual reality and gamification in education: a systematic review. **Educational Technology Research and Development**, p. 1-95, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10351-3>. Acesso em: 03 maio 2024.
- MERCHANT, Z.; GOETZ, E.T.; CIFUENTES, L.; KEENEY-KENNICUTT, W.; DAVIS, T.J. Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. **Computers & Education**, v. 70, p. 29-40, 2014. Disponível em: [10.1016/j.compedu.2013.07.033](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033). Acesso em: 03 mai. 2024.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **Annals of Internal Medicine**, v. 151, n. 4, p. 264-269. Disponível em: <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>. Acesso em: 15 jul. 2025.

OLIVEIRA, A. L.; VIANNA, L. S.; NASCIMENTO, B. R.; VITA NETO, M. L.; SANTOS, M. G. Um estudo sobre o sistema operacional Android. **Revista de Trabalhos Acadêmicos - Campus Niterói**, n. 1, 2014. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20180512220632id/http://www.revista.universo.edu.br/index.php?journal=1reta2&page=article&op=viewFile&path%5B%5D=1182&path%5B%5D=886>. Acesso em: 22 mai. 2024.

NETTO, A. V.; MACHADO, L. S.; OLIVEIRA, M. C. F. Realidade virtual: definições, dispositivos e aplicações. Tutorial. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica da SBC**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 1-33, 2002. Disponível em: http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2002_reic.pdf. Acesso em: 26 abr. 2024.

PRAHANI, B. K.; SAPHIRA, H. V.; WIBOWO, F. C.; SULAEMAN, N. F. Trend and Visualization of Virtual Reality & Augmented Reality in Physics Learning from 2002-2021. **Journal of Turkish Science Education**, v. 19, n. 4, p. 1096-1118, 2022. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1377331.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2024.

SILVA, J.; SALES, G. L.; CASTRO, J. B. Gamificação de uma sequência didática como estratégia para motivar a atitude potencialmente significativa dos alunos no ensino de óptica geométrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2018. **Anais dos Workshops do CBIE**, v. 1, p. 74. Disponível em: <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/wcbie/article/view/8213>. Acesso em: 15 jul. 2026.

Recebido: 01 jul. 2024.

Aprovado: 17 jul. 2026.

DOI: 10.3895/rbect.v19n1.18786

Como citar: MONTEIRO, J. A.; COUTINHO, A. L.; LUCENA, I. C. R.; SALES, G. L. Realidade virtual no ensino de física: divulgação, tendências e usabilidade. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 19, p. 1-21, 2026. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/18786>. Acesso em: XX.

Correspondência: Jeirla Alves Monteiro - jeirla@gmail.com

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

