

## Revisão sistemática sobre as vantagens e desafios no uso de realidade aumentada como ferramenta pedagógica no ensino médio

Systematic review about the advantages and challenges in use of augmented reality as a pedagogical tool in high school

Luiz Gustavo Pereira da Silva

Mestrando do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil  
gustavonettie@yahoo.com.br - <https://orcid.org/0000-0003-3101-5363>

Hugo Leonardo Pereira Rufino

Professor doutor do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil  
hugo@iftm.edu.br - <https://orcid.org/0000-0001-7687-3375>

*Recebido em 05 de fevereiro de 2020*

*Aprovado em 24 de agosto de 2020*

*Publicado em 05 de maio de 2021*

### RESUMO

O processo de ensino é dinâmico e desde o princípio se adapta a realidade de uma determinada época. A educação vem sendo muito influenciada pelo crescimento de novas tecnologias, dentre as quais se destaca a Realidade Aumentada (inserção de elementos virtuais no mundo real), pela sua capacidade de ilustrar conceitos muito abstratos. Para compreender como esta nova tecnologia vem sendo empregada como ferramenta pedagógica no Ensino Médio e os resultados obtidos, este trabalho realiza uma revisão sistemática sobre artigos encontrados em diversas bases de dados científicas. Por meio da análise dos documentos obtidos, este estudo exhibe um panorama das pesquisas que vem sendo realizadas sobre Realidade Aumentada, aplicadas ao Ensino Médio, em todo o mundo, suas técnicas, áreas de interesse, desafios e oportunidades. Com base nos resultados encontrados observa-se que a melhora na aprendizagem e a motivação em apreender se destacam nos trabalhos analisados e estes corroboram os resultados encontrados em pesquisas iniciais nesta área.

**Palavras-chave:** Educação; Dispositivos Móveis; Aprendizagem.

## ABSTRACT

The teaching process is dynamic and from the beginning adapts to the reality of a certain time. Education has been heavily influenced by the growth of new technologies, including Augmented Reality (insertion of virtual elements in the real world), by its ability to illustrate very abstract concepts. To understand how this new technology has been used as a pedagogical tool in high school and the results obtained, this paper performs a systematic review of articles found in various scientific databases. Through the analysis of the obtained documents, this study shows an overview of the research that is being done on Augmented Reality applied to High School around the world, its techniques, and areas of interest, challenges and opportunities. Based on the results found, it is observed that the improved learning and motivation to learn stand out in the analyzed studies and corroborate the results found in initial research in this area.

**Keywords:** Education; Mobile; Learning.

## Introdução

Com a evolução das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) o ato de ensinar torna-se cada vez mais desafiador, pois a educação não deve permanecer à margem dessa mudança, mas sua absorção deve primar por um uso efetivo dos recursos e não apenas de maneira alegórica. KENSKI (2006) ressalta que a ampliação das possibilidades de comunicação e de informação por meio de equipamentos como o telefone, altera nossa forma de viver e aprender na atualidade. Compreender esse estado de mundo posto e como ele interfere no processo ensino-aprendizagem é fundamental. MERCADO (2002) diz que as novas tecnologias, se bem utilizadas por professores capacitados, irão abrir um novo mundo de oportunidades educativas.

Esse desafio é posto diante de todos os níveis de ensino, mas, de forma particular, sobre o Ensino Médio (EM). Nessa fase, diferente da infância, os alunos já possuem acesso às TIC de forma ampla. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - PNAD Contínua, referente ao quarto trimestre de 2017, indicam que 84,9% das pessoas entre 14 e 17 anos utilizam a internet e que, nessa mesma faixa etária, 71,2% possuíam celular, em 2017 (IBGE, 2017).

Diversas iniciativas de novas abordagens de ensino vêm sendo empregadas, tendo em vista o crescimento significativo do uso de metodologias ativas, que são “modelos mais centrados em aprender ativamente com problemas, desafios relevantes, jogos, atividades e leituras, combinando tempos individuais e tempos coletivos; projetos pessoais e projetos de grupo” (MORÁN, 2015). Cada vez mais educadores se apoiam nas TIC para buscarem novas formas de mediação do processo ensino-aprendizagem, dentre as quais podemos destacar, mais recentemente, a tecnologia de Realidade Aumentada (RA).

A RA é um conceito tecnológico que, a partir de um artefato eletrônico, introduz elementos virtuais sobre o mundo real. AZUMA et al. (2001) dizem que:

Um sistema de RA complementa o mundo real com objetos virtuais (gerados por computador) que parecem coexistir em um mesmo espaço no mundo real. Enquanto muitos pesquisadores ampliam a definição de RA além dessa visão, nós definimos que um sistema de RA deve ter as seguintes propriedades: combina objetos reais e virtuais em um ambiente real, roda interativamente e em tempo real, e registra (alinha) objetos reais e virtuais um com o outro. (AZUMA et al, 2001, p. 34)

Essa possibilidade fornecida pela RA de interação com objetos virtuais sobre o mundo real traz inúmeras possibilidades de exploração na área de educação. O educador pode enriquecer sua exposição com modelos em três dimensões muito mais ricos em detalhes do que os modelos tradicionais vistos nos livros didáticos em duas dimensões. Além disso, o aluno tem a possibilidade de entender melhor os conceitos sem a necessidade de simples abstrações. Um exemplo interessante é a utilização de RA para a visualização de formas geométricas no estudo matemático que permite ao discente visualizar triângulos, losangos ou polígonos, por exemplo. Segundo DUVAL (1993), só é possível aprender matemática através da utilização das representações semióticas do objeto matemático, tornando representações mentais visíveis e acessíveis.

Mas a RA vai muito além da representação de objetos. AZUMA et al. (2001) relatam que ela pode ser aplicada a todos os sentidos, incluindo audição, toque e olfato. Além de fornecer interações prontas, essa tecnologia também permite ao estudante uma maior interação com os conteúdos, em um processo no qual eles próprios sejam os produtores de conteúdo nas aulas que podem ser compartilhados,

sendo assim, agentes ativos na dinâmica de aprendizagem.

Apesar de a RA ser uma tecnologia relativamente antiga, sua origem se dá no ano de 1968, com as pesquisas de Ivan Sutherland (cientista estadunidense pioneiro em pesquisas com RA), só mais recentemente passou a ser empregada efetivamente à educação.

Nesse cenário, este artigo apresenta uma Revisão Sistemática (RS), com o intuito de pesquisar os trabalhos que vêm sendo desenvolvidos em RA para a educação, tendo como principal objetivo identificar as vantagens e os desafios na utilização dessa técnica. Além disso, as pesquisas voltadas ao EM serão analisadas, por compreendermos que nesse nível de formação os estudantes já possuem um maior contato com as TIC e, por consequência, maiores condições de reagirem criticamente aos experimentos propostos.

Para atingirmos o proposto, esta pesquisa procurou responder aos seguintes questionamentos: (1) Quais disciplinas utilizam RA como apoio pedagógico? (2) Quais ferramentas e técnicas são empregadas ao se utilizar RA? (3) Quais vantagens e quais desvantagens são relatadas ao utilizar RA? (4) Quais resultados são apontados ao se aplicar RA no EM?

## **Metodologia**

Neste estudo foi adotada a metodologia de Revisão Sistemática (RS) devido a sua confiabilidade e padronização, permitindo assim sua replicação. Segundo KITCHENHAM (2004), “uma revisão sistemática da literatura é um meio de identificar, avaliar e interpretar toda a pesquisa disponível relevante para uma questão de pesquisa específica, tópico de área ou fenômeno de interesse” (KITCHENHAM, 2004, p.1).

Os procedimentos para a realização desta RS são aqueles propostos por KITCHENHAM (2004), dispostos em 03 fases que são: Planejando a revisão, Realizando a revisão e Relatando a revisão.

ISSN: 1984-6444 | <http://dx.doi.org/10.5902/1984644442392>

Os estágios associados ao planejamento da revisão são:

1. Identificação da necessidade de uma revisão;
2. Desenvolvimento de um protocolo de revisão.

Os estágios associados à realização da revisão são:

1. Identificação da pesquisa;
2. Seleção de estudos primários;
3. Avaliação da qualidade do estudo;
4. Extração e monitoramento de dados;
5. Síntese de dados.

Relatar a revisão é uma fase de estágio único que consiste em dar publicidade aos resultados encontrados na pesquisa.

### **Protocolo de revisão sistemática**

Esse protocolo foi adaptado com base nas definições elencadas por KITCHENHAM (2004), mediante algumas adaptações inerentes as necessidades percebidas nesta pesquisa. As atividades desenvolvidas são descritas a seguir.

### **Termos utilizados**

Este estudo adotou em sua estratégia de busca os seguintes termos: “realidade aumentada”, “médio” e “ensino” (que deveriam estar presentes no título ou no resumo). Esses mesmos termos também foram pesquisados nas línguas inglesa e espanhola.

### **Fontes de dados**

Foram escolhidas as seguintes fontes de dados para a pesquisa:

- **Scopus** – (<https://www.scopus.com/>);
- **ScienceDirect** – (<https://www.sciencedirect.com/>);
- **Banco de teses da Capes** – (<https://catalogodeteses.capes.gov.br/>);
- **IEEE-Institute of Electrical and Electronic Engineers** – (<https://ieeexplore.ieee.org/>);

ISSN: 1984-6444 | <http://dx.doi.org/10.5902/1984644442392>

- **SciELO** – (<http://www.scielo.org/>);
- **Google Acadêmico** – (<https://scholar.google.com.br/>);

O período de análise foi limitado a estudos publicados de 2000 a 2019 para que fosse possível identificar um maior número de trabalhos e eventuais mudanças de perfil que sofreram ao longo do tempo. Os tipos de documentos aceitos nesta RS foram artigos de periódicos ou conferências, teses e dissertações.

Os critérios de inclusão e exclusão aplicados ao resultado da busca sobre pesquisas em RA no EM foram categorizados da seguinte maneira:

**Tabela 1** - Critérios utilizados para inclusão.

Referência	Critérios de inclusão
CI1	Pesquisa aplicada ao EM no Brasil ou a seu equivalente no exterior, especificamente em educação
CI2	O trabalho apresenta abordagem prática aplicada
CI3	O trabalho efetua discussão de resultados
CI4	A aplicação prática da pesquisa ocorra com classes inteiras ou com voluntários que estejam cursando o EM no Brasil ou seu equivalente no exterior, desde que o número de participantes não seja inferior a 5
CI5	Se a pesquisa abranger outras tecnologias, o conteúdo dedicado a RA deve ser de pelo menos 33%
CI6	Arquivos <i>fulltext</i> com download gratuito na internet

Fonte: Elaborado pelos autores

Critérios de exclusão:

**Tabela 2** - Critérios utilizados para exclusão.

Referência	Critérios de exclusão
CE1	O trabalho mescla alunos de diversos níveis educacionais
CE2	Trabalhos publicados apenas como pôster ou resumo expandido
CE3	Trabalhos que não estejam publicados em inglês, português ou espanhol

Fonte: Elaborado pelos autores

As pesquisas nas bases de dados ocorreram entre os dias 18 e 22 de novembro de 2019, conforme a tabela 3:

**Tabela 3** - *Queries* utilizadas para buscas nas bases de dados.

Base de dados	Padrão de busca
<b>SciELO</b>	"ti:realidade aumentada and ab:ensino médio"(0 documentos retornados); "ti:augmented reality and ab:high school" (2 documentos retornados); "ti:realidad aumentada and ab:escuela secundaria"(0 documentos retornados)
<b>Scopus</b>	"TITLE-ABS-KEY ("realidade aumentada" and "ensino médio")" (0 documentos retornados); "TITLE-ABS-KEY ("augmented reality" and "high school")" (152 documentos retornados); "TITLE-ABS-KEY ("realidad aumentada" and "escuela secundaria")" (0 documentos retornados)
<b>ScienceDirect</b>	"Title, abstract, keywords: Realidade aumentada AND ensino médio" (0 documentos retornados); "Title, abstract, keywords: augmented reality AND high school" (8 documentos retornados); "Title, abstract, keywords: realidad aumentada AND escuela secundaria" (0 documentos retornados)
<b>Catálogo de teses da Capes</b>	"realidade aumentada" AND "ensino médio" (17 documentos retornados); "augmented reality" AND "high school" (11 documentos retornados); "realidad aumentada" AND "escuela secundaria" (0 documentos retornados)
<b>IEEE</b>	("realidade aumentada") AND ("ensino médio") (0 documentos retornados); ("augmented reality") AND ("high school") (45 documentos retornados); ("realidad aumentada") AND ("escuela secundaria") (0 documentos retornados)
<b>Google Acadêmico</b>	"allintitle: realidade aumentada ensino médio" (5 documentos retornados); "allintitle: augmented reality high school" (28 documentos retornados); "allintitle: realidad aumentada escuela secundaria" (0 documentos retornados)

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Após a aplicação das *strings* de busca nos bancos de dados foi retornado um total de 268 documentos, sendo 27 duplicados, restando, portanto, 241 arquivos que foram submetidos a uma análise preliminar, que consistiu na leitura de seus resumos bem como sua metodologia. Após esse processo inicial, restaram 38 documentos que foram analisados na íntegra. Abaixo é apresentado um resumo dessa triagem, com o total de documentos rejeitados por não cumprirem os quesitos de inserção ou se enquadrarem nos critérios de exclusão:

**Tabela 4** - Relação de documentos incluídos e excluídos.

Total analisado	241
C11	56
C12	19
C13	2
C14	19
C15	4
C16	102
CE1	0
CE2	0
CE3	1
<b>Selecionados</b>	<b>38</b>

Fonte: Elaborado pelos autores

Esse total de 38 documentos analisados divide-se com relação a sua natureza da seguinte forma:

- 12 dissertações
- 14 artigos em conferência
- 12 artigos em revistas científicas

A relação final de trabalhos é detalhada no quadro abaixo:



**Tabela 5** - Relação de trabalhos analisados.

#	Título	Autor	Publicação	País	Ano
1	<i>Enseñanza de la anatomía y la fisiología através de las realidades aumentada y virtual</i>	Salvador Ruiz Cerrillo	Innovación educativa	México	2019
2	<i>A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course</i>	Su Cai, Xu Wang, Feng-Kuang Chiang	Computers in Human Behavior	China	2014
3	<i>Virtual Interactive Laboratory Applied to High Schools Programs</i>	Francisco Torres, Leticia A. Neira Tovar, Carlos Egremy M	Procedia Computer Science	México	2015
4	<i>Web based Augmented Reality for Human Body Anatomy Learning</i>	Rita Layona, Budi Yulianto, Yovita Tunardi	Procedia Computer Science	Indonésia	2018
5	A realidade aumentada como recurso didático alternativo para o ensino de astronomia: uma sequência didática para o estudo do sistema solar	Renato Oliveira Abreu	Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Jataí	Brasil	2015
6	O uso da realidade aumentada como ferramenta de apoio ao ensino do conceito de força	Frederico Rosetti Chisté	Universidade Federal do Espírito Santo, Mestrado Profissional em Ensino de Física	Brasil	2017
7	Desenvolvimento de Aplicações com Hipermídia Online e Realidade Aumentada no Ensino de Genética	Alex Moreira Fonseca	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Mestrado Profissional	Brasil	2014
8	Ensino e aprendizagem de geometria por meio da realidade aumentada em dispositivos móveis: um estudo de caso em colégios públicos do litoral paranaense	Alex de Cássio Macedo	Programa de Pós-Graduação em Educação: Teoria e Prática de Ensino, Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná	Brasil	2018
9	O uso da realidade aumentada no ensino da geometria espacial	Thiago Antonio Valentim	Pós-Graduação stricto sensu de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional	Brasil	2017

**Continuação Tabela 5 - Relação de trabalhos analisados.**

#	Título	Autor	Publicação	País	Ano
10	Procedimentos Pedagógicos Para O Processo Ensino Aprendizagem De Matemática No Ensino Médio: Intervenção Pela Realidade Aumentada	Paulo Sergio de Oliviera	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências - Universidade federal de Itajubá	Brasil	2016
11	A NEUROCIÊNCIA COGNITIVA COMO BASE DA APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA MOLECULAR: um estudo sobre atributos do funcionamento cerebral relacionados à memória de longo prazo	Kleyfton Soares da Silva	Universidade Federal de Sergipe Programa de Pós-graduação em ensino de ciências e matemática	Brasil	2018
12	MMAR: sistema web para modelagem molecular tridimensional utilizando realidade aumentada	Alex Eder da Rocha Mazzuco	Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Educação programa de pós-graduação em tecnologias educacionais em rede	Brasil	2017
13	Estudo da contribuição da realidade aumentada para o ensino de química nos cursos técnicos integrados ao ensino médio no IFG campus Jataí	Sergio Henrique de Almeida	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás campus Jataí programa de pós-graduação em educação para ciências e matemática	Brasil	2017
14	O desenvolvimento do aplicativo RA.GEO: contribuições da realidade aumentada para o ensino de geometria espacial	Vinicius Gouveia de Andrade	IFGO - campus Jataí programa de pós-graduação em educação para ciências e matemática	Brasil	2017
15	<i>AIR-EDUTECH: Augmented Immersive Reality (AIR) Technology for High School Chemistry Education</i>	Lamees Mahmoud Mohd Said Al Qassem, Hessa Al, Jason W.P. Ng	Global Engineering Education Conference	Emirados Árabes Unidos	2016
16	<i>Augmented Reality Implementation as Reinforcement Tool for Public Textbooks Education in Ecuador</i>	D. Paredes-Velasteguí, A. Lluma-Noboa, D. Olmedo-Vizueta, D. Avila-Pesantez, J. Hernandez-Ambato	Global Engineering Education Conference	Equador	2018

**Continuação Tabela 5 - Relação de trabalhos analisados.**

#	Título	Autor	Publicação	País	Ano
17	<i>Augmented Reality Laboratory for High School Electrochemistry Course</i>	Ming-Puu Chen, Ban-Chieh Liao	International Conference on Advanced Learning Technologies	Taiwan	2015
18	<i>How Students and Teachers React to an AR free Puzzle Game: preliminary tests</i>	Diana Urbano, Maria de Fátima chouzal, Maria Teresa Restivo	Global Engineering Education Conference	Portugal	2015
19	<i>Interactive Topography Simulation Sandbox for Geography Learning Course</i>	Natapon Pantuwong, Napat Chutchomchuen and Patphimon Wacharawisoot	International Conference on information technology and electrical engineering	Tailândia	2016
20	<i>Mobi Augmented Reality: Studio Lighting Photography Simulator ver. 1.0</i>	Setya Chendra Wibawa, D. S. Katmitasari, A. Prapanca, M.S. Sumbawati	International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems	Indonésia	2017
21	<i>Teaching high school computer science with videos of historical figures— An augmented reality approach</i>	Ching-Yin Hsu, Mei-Wen Chen, Cheng-Chih Wu	International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering	Taiwan	2015
22	<i>The Development and Evaluation of an Educational Game Integrated with Augmented Reality and Virtual Laboratory for Chemistry Experiment Learning</i>	Huei-Tse Hou, Ying-Chen, Lin	International Congress on Advanced Applied Informatics	Taiwan	2017
23	<i>Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning</i>	Matt Dunleavy, Chris Dede, Rebecca Mitchell	Journal of Science Education and Technology	Estados Unidos	2009
24	<i>Augmented reality water rocket: develop an enrichment book of physics</i>	Anisah, I M Astra, and M Delina	International Conference on Research and Learning of Physics	Indonésia	2018
25	<i>Effectivity of Augmented Reality as Media for History Learning</i>	Indah Wahyu Puji Utami, Ismail Lutfi Slamet Sujud Purnawan Jati, Muhammad Yusuf Efendi	International Journal of Emerging Technologies in Learning	Indonésia	2019

**Continuação Tabela 5 - Relação de trabalhos analisados.**

#	Título	Autor	Publicação	País	Ano
26	<i>Enhancing students' conceptual understanding of electricity using learning media-based augmented reality</i>	A Ismail, I Festiana, T I Hartini, Y Yusal and A Malik	International Conference on Mathematics and Science Education	Indonésia	2019
27	<i>Evaluating the usability and acceptance of an AR app in learning Chemistry for Secondary Education</i>	Federico Botella, Antonio Peñalver, Fernando Borrás	Interacción 2018 Proceedings of the XIX International Conference on Human Computer Interaction	Espanha	2018
28	<i>Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness</i>	María Blanca Ibáñez a, Ángela Di Serio, Diego Villarán, Carlos Delgado Kloos	Computer & Education	Espanha	2014
29	<i>Exploring the effectiveness of integrating augmented reality based materials to support writing activities</i>	Yi-Hsuan Wang	Computer & Education	Taiwan	2017
30	<i>Growth measurement of surface colonies of bacteria using augmented reality</i>	Ardan Wildan, Brandon Huey-Ping Cheong, Kevin Xiao, Oi Wah Liew & Tuck Wah Ng	Journal of Biological Education	Austrália	2019
31	<i>Human Anatomy Learning Systems Using Augmented Reality on Mobile Application</i>	Michael H Kurniawan, Suhajito, Diana, Gunawan Witjaksono	International Conference on Computer Science and Computational Intelligence	Indonésia	2018
32	<i>Impact of augmented reality lessons on students' STEM interest</i>	Ying-Shao Hsu, Yuan-Hsiang Lin and Beender Yang	Research and Practice in Technology Enhanced Learning	Taiwan	2017
33	<i>Scaffolding augmented reality inquiry learning: the design and investigation of the traceReaders location-based, augmented reality platform</i>	Eleni A. Kyza & Yiannis Georgiou	Interactive Learning Environments	Chipre	2019
34	<i>Teaching based on augmented reality for a technical creative design course</i>	Xiaodong Wei a, Dongdong Weng b, Yue Liu, Yongtian Wang	computer & Education	China	2014
35	<i>Enhancing Learner Experience Through Augmented Reality in High School</i>	Erin Elizabeth Frazier	PanSig Journal	Japão	2017

**Continuação Tabela 5 - Relação de trabalhos analisados.**

#	Título	Autor	Publicação	País	Ano
36	<i>Does Augmented Reality Affect High School Students' Learning Outcomes in Chemistry?</i>	Jonathan Christopher Renner	Grand Canyon University	Estados Unidos	2014
37	Uso de realidade aumentada como ferramenta de apoio ao ensino da geometria espacial no 2º ano do ensino médio: utilização das ferramentas Flaras e Google Sketchup	Davyson Duarte Pereira	Universidade Estadual da Paraíba	Brasil	2014
38	<i>Validity, practicality, and effectiveness development of biology textbooks integrated with augmented reality on high school students</i>	Muhammad Khalifah Mustami, Siti Syamsudduha, Safei and Muhammad Ilyas Ismail	Int. J. Technology Enhanced Learning	Indonésia	2019

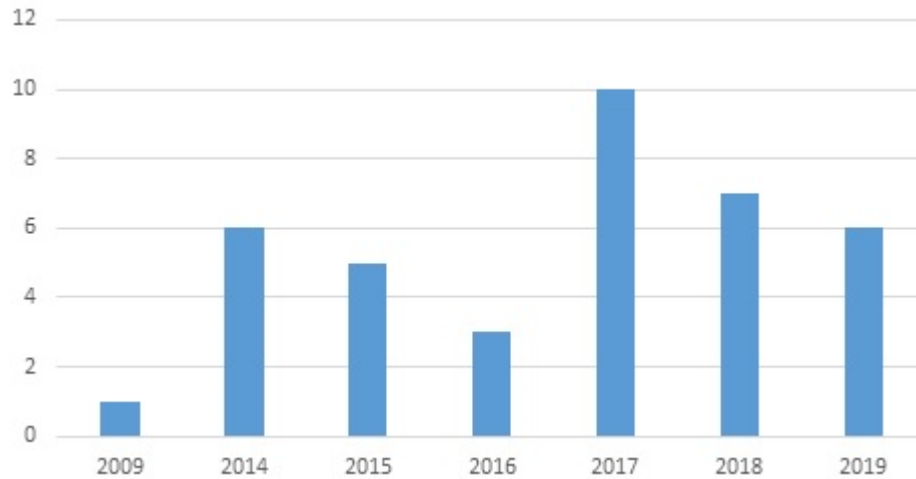
**Fonte:** Elaborado pelos autores

Após a leitura efetiva dos documentos selecionados, foi possível analisar seus aspectos principais em uma abordagem tanto quantitativa quanto qualitativa, traçando assim um panorama geral da aplicação de RA no EM. Nos próximos tópicos apresentaremos os resultados dessas análises.

**Análises e resultados**

Apesar desta pesquisa ter analisado produções feitas entre os anos de 2000 e 2019, somente a partir de 2009 foram encontrados documentos que se enquadravam aos critérios previamente estabelecidos como pode ser visto na figura 1.

**Figura 1 – Documentos por ano**



**Fonte:** Elaborado pelos autores

Isso ocorre provavelmente devido à evolução da tecnologia, tanto em equipamentos, como, por exemplo, os *smartphones*, quanto em qualidade gráfica das representações criadas. Aliado a isso, “com os avanços tecnológicos no campo de sensores (por exemplo, *GPS*, *Acelerômetros*, *Giroscópios*, *Câmeras*) surgiram recentemente várias tendências de RA móvel.” (SÁ; CHURCHILL, 2012, p.222).

Jogos eletrônicos que também utilizam RA vêm contribuindo para o crescimento dessa tecnologia em vários campos e também na educação, principalmente de jovens, por sua linguagem acessível a esse público. O jogo *Pokémon GO* (NIANTIC 2016) é um exemplo disso. Conforme PAAVILAINEN (2017), nele:

Os jogadores são treinadores de *Pokémon* (monstros de bolso) que pesquisam, capturam, coletam, treinam, evoluem e combatem criaturas *Pokémon*. O *GPS* é usado para combinar a localização do mundo real com o mundo virtual. Quando criaturas *Pokémon* aparecem no mundo virtual, a RA é usada para sobrepor o *Pokémon* no mundo real visualizado através de uma câmera móvel.” (PAAVILAINEN et al., 2017, p. 2493).

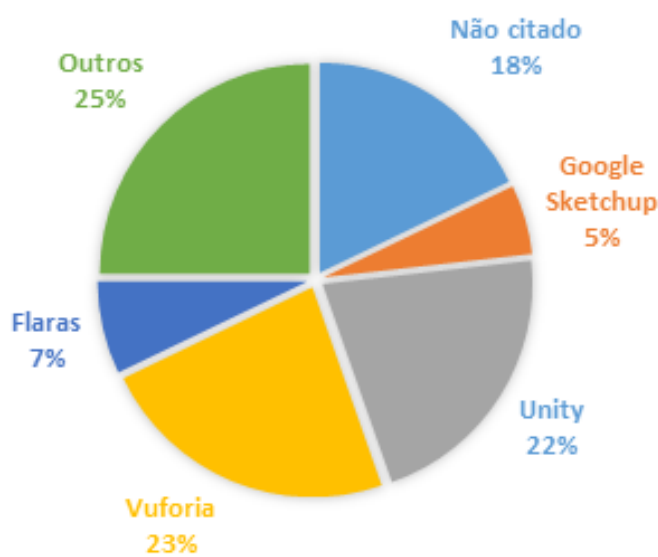
Esse jogo foi divulgado em 2016, momento em que muitos jovens puderam conhecer melhor a RA. No quadro mostrado anteriormente é possível notar que, no ano de 2017, houve a maior concentração de trabalhos produzidos relacionados ao nosso perfil de pesquisa sendo eles [6, 9, 12, 13, 14, 20, 22, 29, 32, 35], o que pode

estar associado à massificação do conceito trazida pelo jogo.

### Ferramentas e técnicas

Atualmente existem diversas ferramentas para desenvolvimento de aplicativos de RA, sejam elas comerciais ou gratuitas. Ao analisarmos as ferramentas que mais se destacaram nos trabalhos selecionados foi possível perceber que boa parte delas, 16 ao todo [2, 4, 5, 6, 8, 11, 14, 15, 16, 17, 24, 27, 30, 31, 34, 37], utilizaram mais de uma tecnologia para a geração de RA. O gráfico abaixo exhibe as tecnologias mais utilizadas:

**Figura 2 – Tecnologias usadas para desenvolvimento**



**Fonte:** Elaborado pelos autores

Percebe-se que há uma pulverização dos tipos de tecnologias, prova disso é o percentual de 25% enquadrado em “outros”. Entre as tecnologias que se destacaram estão o *Unity* e o *Vuforia* utilizadas por [3, 6, 8, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 34].

ISSN: 1984-6444 | <http://dx.doi.org/10.5902/1984644442392>

O *Vuforia* é um *plugin* que permite a criação de aplicativos em RA para diversos dispositivos.

O *Vuforia* é a plataforma mais amplamente usada para o desenvolvimento de RA, com suporte para os principais telefones, *tablets* e óculos. Os desenvolvedores podem facilmente adicionar funcionalidade avançada de visão computacional aos aplicativos *Android*, *iOS* e *UWP*, para criar experiências de recuperação de realidade virtual que interagem realisticamente com objetos e o ambiente. (VUFORIA, 2019).

Essa ferramenta é descrita nos projetos [6, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 34] que a qualificaram como sendo de fácil utilização e capaz de produzir aplicativos em RA com qualidade e estabilidade, outro ponto ressaltado é que ele reconhece qualquer imagem como sendo um marcador fiducial sobre a qual projeta-se o elemento virtual, o que fornece maior flexibilidade a sua utilização.

O *Unity* é o outro destaque, ele é um motor para criação de jogos que permite integração com RA. Conforme KIM et al:

O *Unity 3D* é um mecanismo de desenvolvimento totalmente integrado e rico em recursos que fornece funcionalidade pronta para a criação de conteúdo 3D interativo. Usando o *Unity*, você pode publicar em várias plataformas, como *PC*, *Web*, *iOS*, *Android* e *Xbox*. (KIM et al., 2014, p. 23).

Sobre ele, os projetos [3, 6, 8, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 34] destacam a facilidade de desenvolvimento e também a rapidez. Os autores ressaltam que, com ele, o trabalho de criação das aplicações se dá de maneira muito mais ágil.

Outro ponto a se destacar é que os trabalhos [6, 11, 14, 15, 16, 17, 24, 27, 30, 31, 34] utilizaram *Unity* e *Vuforia* juntos e todos observaram que a união do desenvolvimento de jogos do *Unity* e o mecanismo de RA do *Vuforia* proporcionaram maior eficiência aos produtos e uma experiência mais satisfatória ao usuário. Conforme observado nesses estudos tal satisfação decorre principalmente da facilidade de usar os próprios livros didáticos como marcadores fiduciais, pois o *Vuforia* consegue reconhecer qualquer imagem, desde que com um mínimo de densidade e contraste, como alvo. Como dito no estudo [27], diferente de outras bibliotecas, ele implementa o reconhecimento de texto e também permite o reconhecimento de vários alvos. Aliado a isso está a possibilidade de livre movimentação do usuário diante da projeção, já que boa parte deles foi feita para



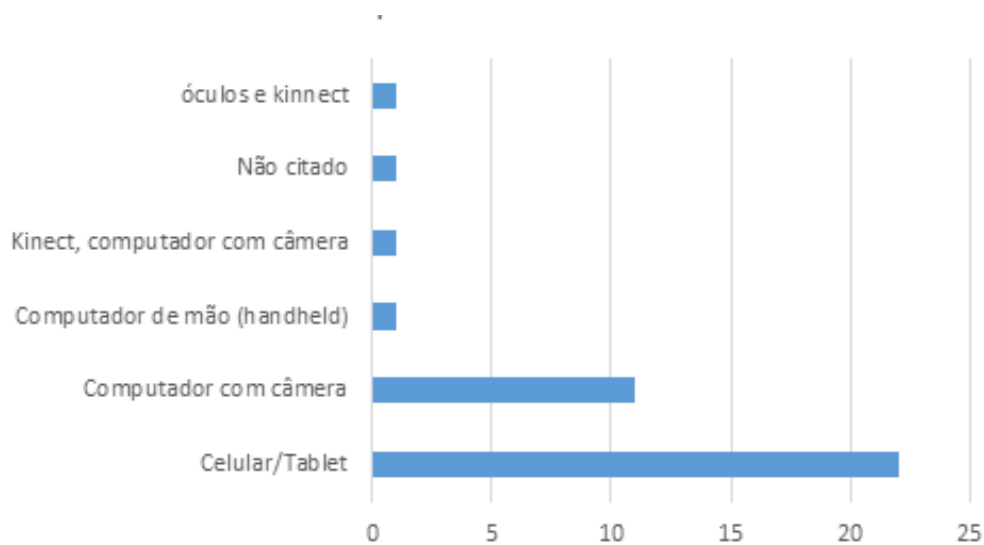
ISSN: 1984-6444 | <http://dx.doi.org/10.5902/1984644442392>

*smartphones*, o que é possível graças ao *Unity* que permite a geração de aplicações multiplataformas. (Botella; Peñalver; Borrás, 2018)

Dos 38 documentos analisados, em 33, o aplicativo utilizado foi desenvolvido especificamente para o trabalho em questão, os estudos [1, 9, 10, 11] utilizaram softwares prontos no mercado e o [26] não especificou a origem. Isso ocorre principalmente pela natureza distinta de cada pesquisa, com características e enfoque muito particular. Sendo assim, é difícil que ferramentas prontas se adequem integralmente aos estudos.

As aplicações criadas estão mais voltadas a *smartphones* e *tablets*, como pode ser observado na figura 3:

**Figura 3 – Dispositivos utilizados**



Fonte: Elaborado pelos autores

Esta tendência se alinha a maior utilização de *smartphones* em todo mundo e sua evolução tecnológica. No mundo, 5,1 bilhões de pessoas utilizam algum tipo de aparelho celular, o que equivale a 67% da população mundial (GSMA, 2019). Essa mesma pesquisa revela que, em regiões como a Europa, o percentual de pessoas que utilizam celular chega a 85%, na América do Norte é de 83%, se observarmos continentes com menor desenvolvimento econômico esses valores caem um pouco,

entretanto, mantém-se em patamares significativos como é o caso da América Latina com 67% e a Ásia com 66%.

Novak et al. (2012) explicam que dispositivos portáteis, como *smartphones* e *tablets*, agora possuem baterias com a energia necessária, capacidade de processamento, conectividade com a *Internet*, recursos multimídia e serviços baseados em localização para tornar a realidade aumentada prática para uso na educação.

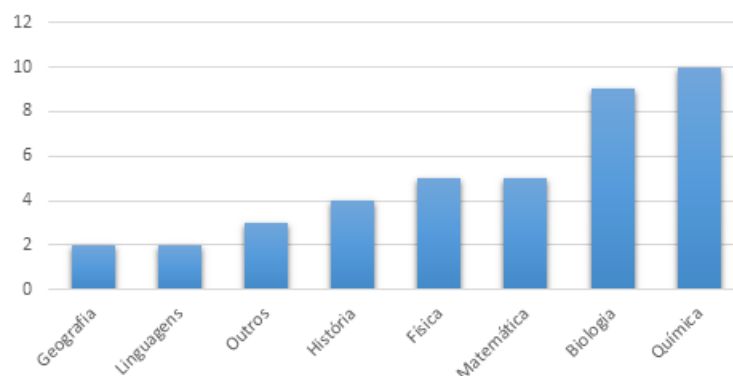
Computadores de mesa usados nas pesquisas [2, 4, 5, 7, 9, 10, 12, 13, 18, 34, 37] não permitem a mobilidade que é um dos atrativos da RA, todavia eles são úteis em locais onde o acesso a *smartphones* e *tablets* ainda são restritos ou mesmo *internet wireless*.

Mas é importante destacar que nas pesquisas [1, 6, 8, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 38] os estudos utilizaram os próprios celulares dos participantes, o que diminui custos, mas traz desafios pela diversidade de dispositivos possíveis e como cada um de seus sistemas operacionais se comportam com o aplicativo disponibilizado.

## Áreas de ensino

Diversas áreas de ensino vêm utilizando a RA para apoiar suas atividades pedagógicas, mas há aquelas que se destacam. No gráfico abaixo é apresentado um perfil de utilização, por área de conhecimento, nos trabalhos analisados.

**Figura 4 – Áreas de ensino**



Fonte: Elaborado pelos autores

Como pode ser observado, as disciplinas que mais se destacaram foram química [2, 3, 11, 12, 13, 15, 17, 22, 27, 36] e biologia [1, 3, 4, 7, 30, 31, 32, 33, 38], seguidas por física [6, 18, 24, 26, 28] e matemática [8, 9, 10, 14, 37]. Após a leitura das pesquisas, fica evidente que essas áreas têm se valido do recurso de RA para apresentar aos estudantes conceitos que não poderiam ser visualizados em experimentos.

Ao aplicá-la no conteúdo de química, os pesquisadores criaram modelos em 3D de moléculas que antes poderiam ser vistas apenas em ilustrações 2D presentes em livros didáticos. Os trabalhos analisados apontam que, ao visualizar em três dimensões os arranjos moleculares, os estudantes conseguem compreender melhor suas ligações e interações com outras moléculas.

Outro aspecto interessante observado é o econômico. Experimentos virtuais são mais baratos que os reais, tendo em vista que o aparato necessário a um laboratório de química pode ter valor elevado, seja por insumos químicos ou por equipamentos com alto custo.

A segurança também é levada em consideração. Estudar produtos químicos sempre envolve algum risco, já nos experimentos virtualizados esse problema não existe. Wang et al. (2018) também observaram isto, salientando que, usando aplicativos de RA, os alunos podem investigar fenômenos considerados muito perigosos, pouco práticos ou simplesmente impossíveis de serem explorados anteriormente, como um derramamento químico tóxico.

Para a biologia, a RA permite observar conceitos, como, por exemplo, a circulação sanguínea, algo que antes se limitava a desenhos e a imaginação do estudante ou a vídeos educativos que também são em 2D. Mas a RA aqui vai muito além de visualizar apenas aspectos fisiológicos, ela permite visualizar cadeias de DNA, simular o cultivo de bactérias e seu crescimento em total segurança.

É comum nos livros didáticos do EM vermos representações de pirâmides e cilindros em matemática e de desenhos de campos eletromagnéticos ou de termodinâmica em física, entretanto, cabe ao estudante imaginar tais conceitos no mundo real. A RA permite mostrar estes fenômenos de forma tridimensional, o que favorece, conforme apontado nos trabalhos, um entendimento melhor do conteúdo.

Há muita diferença entre visualizar um cilindro impresso em uma página de um livro e vê-lo em 3D, para compreender, por exemplo, o cálculo de sua área e volume. Além disso, no livro não é possível girar o objeto nem observá-lo de diferentes pontos de vista.

É curioso que em outros campos do conhecimento ainda não haja um uso maior da RA, como no campo de linguagens. Ao analisarmos as pesquisas aqui selecionadas, observamos que o emprego da RA ainda está mais focado em criar modelos em três dimensões, mas assim como já foi citado nesse estudo, AZUMA et al. (2001) nos esclarecem que a RA é muito mais do que isso, ela age sobre toda a nossa percepção sensorial. Displays visuais apresentam sinais que nossos olhos conseguem interpretar, displays acústicos produzem sinais de áudio compreensíveis aos nossos ouvidos, sensores hápticos que se referem ao nosso senso de toque, sensações de pele, podem ser produzidos por luvas, por exemplo, já sensores olfativos podem fornecer experiências olfativas que ajudem o usuário a mergulhar ainda mais na RA. (CEDRO, 2015).

No ensino de línguas, presente apenas nos trabalhos [29 e 35], por exemplo, ela pode ser muito útil. De acordo com Carvalho (2004), analisando a obra de Paulo freire:

Próximas de seus referenciais reais, as imagens visuais cumpriam sua função de eficiente artifício mnemônico no sentido da ligação com suas representações verbais gráficas, ainda mais quando estavam cultural e afetivamente associadas ao universo vivencial dos alunos. (Carvalho, 2004, p.113)

Como dito por CARVALHO (2004), artifícios mnemônicos, que são um conjunto de técnicas utilizadas para auxiliar o processo de memorização, são muito úteis para o aprendizado de uma língua e a RA pode trabalhar como elo muito interessante nesse processo, fornecendo visualizações que darão sentido às palavras. Portanto, há um espaço considerável para novos estudos nesse campo, como, por exemplo, o ensino de libras, bibliotecas com acesso a obras virtualizadas, aprendizagem de novos idiomas e no ensino de estudantes com necessidades especiais.

Não se trata apenas de oferecer um conteúdo que poderia ser visto em uma sala de vídeo, com um filme didático, a RA agrega praticidade e, mais importante que

isso, o conteúdo passa a estar disponível ao discente para acesso a qualquer momento e onde quer que ele esteja.

## Vantagens e desvantagens

Nos documentos analisados neste trabalho, os pesquisadores apresentam várias vantagens e desvantagens no emprego da RA ao EM, as quais apresentaremos agora.

Vários pontos são apontados como positivos e há aqueles que são comuns a vários trabalhos. Abaixo é apresentado um resumo desses pontos:

**Tabela 6** - Relação de aspectos positivos encontrados.

Ponto positivo	% de ocorrência
Melhora no aprendizado	73,68
Maior motivação	50,00
Abstração de conceitos	26,32
Favorece a colaboração	18,42
Outros	13,16
Autonomia do aluno	7,89
Divertido	7,89
Rapidez para apresentar o conteúdo	7,89
Criatividade	5,26
Facilidade da ferramenta de desenvolvimento	5,26

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Na tabela 6, observa-se que um percentual muito elevado de trabalhos apresentou evidências de melhora na aprendizagem com o emprego de RA e maior motivação. Esse resultado também foi encontrado em outras revisões sistemáticas sobre a utilização da RA na educação já publicadas, mesmo que os critérios de filtragem compreendessem outros ciclos de ensino, a melhora da aprendizagem e a motivação sempre aparecem em primeiro e segundo lugar, respectivamente. Tal fato pode ser observado nas revisões de ALTINPULLUK (2019), HANTONO, NUGROHO e SANTOSA (2018) e GARZÓN, PAVÓN e BALDIRIS (2019).

O que é destacado nos textos selecionados de maneira geral é que, ao se aplicar a técnica e verificar sua eficiência, seja com o emprego de turmas controle ou

através de testes previamente aplicados e reavaliados, ocorre um aumento na absorção do conteúdo. Esse ganho pode ser notado em todas as áreas de conhecimento aqui analisadas.

No processo de aprendizagem, a motivação do estudante é peça fundamental para obtenção do sucesso. O professor pode elaborar aulas utilizando as melhores práticas pedagógicas possíveis, mas sempre dependerá da motivação daqueles que o escutam. A metodologia adotada pode favorecer ou não que isso ocorra. A busca para compreender os motivos subjacentes ao comportamento humano é uma constante na área da psicologia educacional, concentrando suas pesquisas nas percepções e pensamentos relacionados à motivação (FERNANDES; VASCONCELOS-RAPOSO, 2005).

O estudante precisa querer aprender, ou seja, estar aberto às propostas feitas pelo professor, permitir-se mergulhar no tema proposto e estar disponível para participar das atividades diversificadas em sala de aula ou outros ambientes. A RA, como ferramenta pedagógica, age sobre a motivação, Ausubel (1980), em seus estudos sobre as variáveis de aprendizagem, reflete sobre os fatores motivacionais e atitudinais referentes à motivação intrínseca e extrínseca. Um aluno curioso, interessado, perseverante, com atenção, com alto nível de comprometimento e que realiza as atividades com um fim em si mesmas possui motivação intrínseca (GUIMARÃES, 2001).

Os aspectos extrínsecos, ou seja, motivações externas propostas ao estudante podem ser agrupados em quatro categorias, conforme Chisté (2017):

1. O significado e a relevância da tarefa, ela deve ser importante para o discente;
2. Características motivacionais inerentes a tarefa, isto é, ela deve ser estimulante e desafiadora;
3. O uso de embelezamentos na tarefa, tem a função de despertar o interesse no estudante, são ilustrações, vídeos, filmes entre outros;
4. Reação dos professores as tarefas cumpridas, fornecendo feedbacks aos discentes.

A RA como fator motivacional age, principalmente, nos pontos dois e três. Referente ao ponto dois, ela traz abordagens desafiadoras como jogos e é divertida,

fora de um padrão escolar clássico. Já com relação ao terceiro ponto, ela se encaixa perfeitamente ao conceito de embelezamento, criando modelos imagéticos complexos, permitindo estabelecer uma conexão da realidade visualizada pelo estudante com os conceitos que devem ser aprendidos, através da sobreposição de objetos virtuais nessa realidade.

Outra vantagem também elencada é que o discente é um explorador, ou seja, ele pode investigar as representações criadas e descobrir informações sem a intervenção direta do professor. Além disso, “o raciocínio que se desenvolve por meio do visual contribui com a construção de significados e facilita a formação e modificação de conjecturas” (JONASSEN, 2007, p. 29). Para VAVRA et al. (2011), há um consenso na comunidade educativa que a visualização é uma ferramenta de ensino eficaz. Sobre o processo de virtualização do ensino, TORI diz:

Integrar informações virtuais e reais em um mesmo ambiente é uma forma bastante eficiente de colocar o aluno diante de conteúdos ou pessoas distantes ou inacessíveis, sem retirar-lhes percepções relativas ao ambiente real que o envolve. Com isso, é possível unir as vantagens da RV com a máxima sensação de presença propiciada pelas atividades locais. É bastante estimulante para educadores e estudantes o potencial desta união. (TORI, 2010, p. 157-158).

Muitos conteúdos possuem difícil visualização, como moléculas ou cadeias de DNA, o que pode influenciar negativamente no processo de aprendizagem, pois cada estudante pode criar seu próprio modelo mental a partir da informação repassada pelo professor, dificultando uma assimilação homogênea da informação.

A cognição humana pode ser caracterizada pelo tratamento e produção de conhecimento de natureza simbólica, na forma de representações mentais produzidas pelas pessoas, a partir de suas experiências com a realidade. Os seres humanos usam essas representações da realidade para tomar decisões, planejar e atuar sobre essa realidade. Em sua natureza simbólica, os conhecimentos assumem na mente das pessoas, formas análogas aos estímulos a que estão associados, principalmente visuais e verbais (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2007, p. 296).

Em seu estudo sobre hipermídia no ensino de modelos atômicos, MELEIRO e GIORDAN (1999) dizem que ao representarmos as moléculas em perspectiva tridimensional, por exemplo, estamos superando a limitação da representação de imagens bidimensionais, que não contemplam satisfatoriamente o tema "estrutura da

ISSN: 1984-6444 | <http://dx.doi.org/10.5902/1984644442392>

matéria", uma vez que muitas propriedades de uma substância são explicadas com base na disposição espacial dos átomos que a constituem.

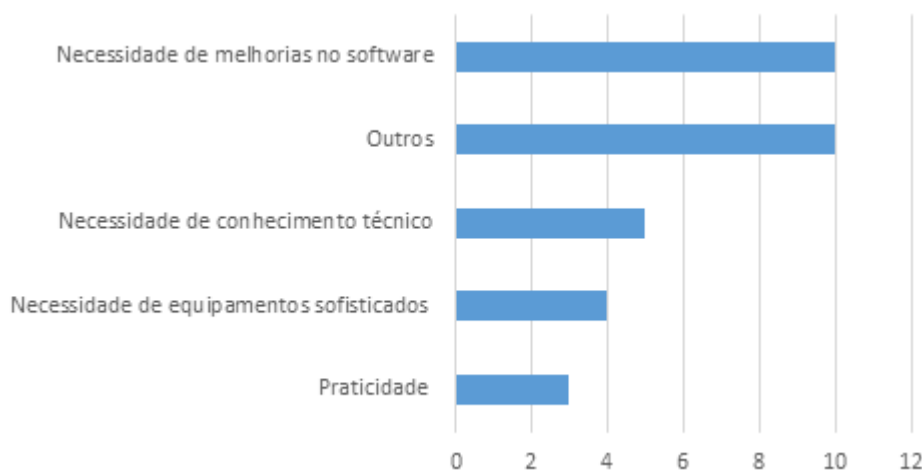
A RA fornece modelos que exemplificam conteúdos para que todos vejam, ao mesmo tempo, o mesmo fenômeno.

Esse recurso tecnológico torna-se extremamente eficiente por possuir a capacidade de exibir objetos, com uma grande riqueza de detalhes, no contexto solicitado pelo docente, sem depender apenas da capacidade de imaginação do aluno que, por ser subjetiva, pode gerar informações imprecisas (CARDOSO et al., 2014, p. 32).

Portanto, diante da análise dos trabalhos selecionados, é possível concluir que a melhora da aprendizagem vem em decorrência da motivação dos discentes, obtida pelo emprego de RA, bem como seu auxílio na exibição de modelos que antes eram apenas imaginados. Junte-se a isso outros fatores observados como a colaboração e a diversão.

Muitos documentos selecionados não apresentaram dificuldades enfrentadas em suas pesquisas, o que não é muito coerente com o nível atual de maturidade da RA aplicada à educação, como citado anteriormente. É natural que ela ainda apresente desafios a serem vencidos. Entre os que apontaram problemas, os que se destacaram foram:

**Figura 5 – Desafios apontados**



Fonte: Elaborado pelos autores



A necessidade de melhoria do *software* é um desafio que está relacionado a um apontamento feito anteriormente. Observa-se que, na maioria das pesquisas, o *software* empregado foi desenvolvido especificamente para o estudo em questão, sendo assim, é natural que esses aplicativos recebam críticas para sua evolução. Dessa forma, é possível prever que ao implementar as melhorias propostas pelo público alvo, esse inconveniente deve ser superado.

Há uma pulverização muito grande de problemas encontrados, eventos percebidos em apenas um estudo. Esses foram listados como “outros”, por não se repetirem, eles são problemas pontuais e não poderiam ser apontados como uma tendência. Apesar de não encontrarmos na literatura investigações mais aprofundadas para esse fato, a análise dos trabalhos selecionados nesse estudo nos leva a crer que isso ocorra dada a grande diversidade de técnicas, materiais, temas e abordagens empregados nas pesquisas.

A necessidade de conhecimento técnico apontada está centrada no professor, seu baixo conhecimento em informática impacta a utilização de RA, pois ele é figura central na utilização dos aplicativos. É ele a primeira instância de recurso para auxílio na instalação dos *softwares*, nas dúvidas quanto à utilização e para problemas de conexão. Portanto, mensurar o nível de conhecimento em informática e qualificar quando necessário o corpo docente é um fator que pode melhorar o índice de sucesso na aplicação de RA.

O uso de equipamentos eletrônicos como *smartphones* está massificado, como foi mostrado em tópicos anteriores, entretanto, as pesquisas mostraram que há discrepância entre dispositivos com relação a sua configuração, o que afeta a utilização de RA. *Smartphones* ultrapassados ou com uma configuração de *hardware* muito baixa podem não executar os aplicativos, ou oferecer uma experiência pouco satisfatória ao usuário. Nos experimentos [1, 6, 8, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 38] em que o equipamento utilizado foi o dos próprios discentes isso se tornou um desafio.

Nos experimentos [23, 25, 29, 33] os participantes tinham que se deslocar pelo ambiente, alguns inclusive fora da sala de aula, em parques. Ter de manusear o dispositivo para a visualização em RA causou desconforto em alguns grupos que

julgaram não ser prática a manipulação, além disso, alguns equipamentos eram mais pesados e grandes. A utilização de computadores de mesa com câmeras acopladas também impacta a praticidade, pois impede um deslocamento maior devido à posição fixa do monitor e às câmeras analisadas não serem wireless.

É relevante salientar que as pesquisas realizadas e analisadas nesse estudo foram, em sua maioria, aplicadas por um curto espaço de tempo e com percentual de amostragem baixo. Com relação ao tempo, as amostras aplicaram os testes de maneira geral em apenas 1 dia, o estudo com maior tempo de aplicação o *Augmented Reality Implementation as Reinforcement Tool for Public Textbooks Education in Ecuador*, teve duração de 3 meses, ou seja, não cobriu um semestre inteiro.

Entre o público participante das pesquisas selecionadas, sendo eles discentes do ensino médio ou seu equivalente no exterior de escolas públicas e privadas, em sua maioria jovens em idade regular de ensino, havia grupos de até 200 estudantes, entretanto, o volume maior girou em cerca de 30 pessoas, isso é, uma classe apenas. A forma de aplicação foi assim dividida:

**Tabela 7-** Formas de aplicação da pesquisa.

<b>Aula expositiva</b>	50%
<b>Teste guiado</b>	47%
<b>Minicurso</b>	3%

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Houve um equilíbrio nesse quesito, a aplicação em aulas expositivas se refere aos experimentos [1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 19, 21, 26, 36, 37, 38] que foram feitos em sala de aula, com o professor da disciplina ministrando o conteúdo normal de seu programa, tendo como auxílio a RA. Já o teste guiado aqui, se deu nos trabalhos [4, 15, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35] quando a aplicação foi feita ou em ambiente controlado, ou seja, fora da sala de aula, ou mesmo na sala de aula, mas realizada pelos pesquisadores, não tratando-se assim

de apenas uma incorporação da tecnologia ao fluxo normal da aula, mas de algo à parte da rotina do estudante, mesmo que o conteúdo visto seja um componente da ementa da disciplina trabalhada.

Apenas o experimento [10] aplicou um minicurso, no qual os estudantes aprendiam a desenvolver aplicativos de RA, além de apenas utilizá-los, por entender que isso geraria maior motivação nos estudantes e envolvimento.

### **Resultados apontados**

Nos trabalhos analisados vimos que a RA se destaca por permitir visualizações de alta qualidade e em três dimensões de conceitos complexos, ela dá ao estudante autonomia e motivação para investigar o elemento sem uma maior dependência do professor. É apontado também que, diferente da realidade virtual, a RA introduz objetos, mas não retira o discente de seu contexto, o que permite que o professor ainda possa fazer observações e que haja interação entre os demais discentes em um ambiente colaborativo e criativo. Os aplicativos criados, em grande parte para os experimentos especificamente, ainda carecem de melhorias, o que demonstra que essa ainda é uma técnica em evolução e que, aplicações comerciais ou gratuitas ainda não conseguem atender às necessidades específicas do processo de ensino.

A melhora do aprendizado é o resultado mais importante observado nos trabalhos. Para mais de 73% deles, os testes comprovaram que houve ganho no conhecimento dos alunos sobre o tema tratado. Esse percentual elevado mostra como essa é uma ferramenta interessante de trabalho no auxílio a professores em sua metodologia. Seu suporte para a exibição de conceitos abstratos facilita tanto a exposição quanto a compreensão de conteúdos complexos. A RA enriquece o material didático não apenas com imagens, mas vídeos, sons e animações que complementam a aula e a torna mais divertida e interessante, tornando o aluno mais motivado e, portanto, mais disposto a aprender.

## Considerações finais

Neste artigo pesquisamos como RA está sendo utilizada como ferramenta de apoio pedagógico no EM. Para isso, utilizamos a revisão sistemática dada a sua metodologia, que nos permite uma análise objetiva sobre essa tecnologia e os estudos que vem sendo desenvolvidos. A introdução da RA nas práticas educacionais do EM ainda vem sendo estudada em um movimento que se tornou mais vigoroso a partir 2016. Os estudos mostram que essa técnica é bastante promissora, entretanto, mais estudos são necessários para sua perfeita compreensão. Ela deverá continuar a ser empregada no EM e os aplicativos devem amadurecer para extrair o máximo proveito da RA. Ainda há um vasto campo de crescimento para o emprego de RA em disciplinas que ainda não aderiram totalmente a ela, como o ensino de línguas ou artes, que tem muito a ganhar com essa ferramenta.

Para trabalhos futuros, deve-se considerar a análise de estudos realizados por um período maior de tempo, para que seja possível compreender como a RA afeta a memória de longo prazo dos estudantes, se ela se mantém interessante para os grupos, ao longo do tempo, e se, após um período maior o aprendizado de fato é superior ao de uma aula tradicional, sem o seu emprego.

## Referências

ALTINPULLUK, Hakan. Determining the trends of using augmented reality in education between 2006-2016. **Education and Information Technologies**, v. 24, n. 2, p. 1089-1114, 2019.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. Interamericana, 1980.

AZUMA, Ronald et al. Recent advances in augmented reality. **IEEE computer graphics and applications**, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001.

BOTELLA, Federico; PEÑALVER, Antonio; BORRÁS, Fernando. Evaluating the usability and acceptance of an AR app in learning Chemistry for Secondary Education. In: **Proceedings of the XIX International Conference on Human Computer Interaction**. 2018. p. 1-8.

ISSN: 1984-6444 | <http://dx.doi.org/10.5902/1984644442392>

CARDOSO, Raul G. S. et al. **Uso da realidade aumentada em auxílio à Educação**. Anais do Computer on the Beach, p. 330-339, 2014.

CARVALHO, Vicente Vitoriano Marques. As imagens no “Método Paulo Freire” na experiência de Angicos (RN) –1963. **Revista Educação em Questão**, v. 21, n. 7, p. 98-115, 2004.

CEDRO, Carlos Costa. **USAR: um modelo preditivo para avaliação da acessibilidade em tecnologias assistivas baseadas em realidade aumentada**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CHISTE, Frederico Rosetti. **O uso da Realidade Aumentada como ferramenta de Apoio ao Ensino do Conceito de Força** 29/08/2017 73 f. Mestrado Profissional em Ensino de Física Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, Vitória Biblioteca Depositária: <http://www.ensinodefisica.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/PPGEnFis/detalhes-da-tese?id=12009>

CYBIS, Walter; BETIOL, Adriana Holtz; FAUST, Richard. Ergonomia e usabilidade: Conhecimentos, métodos e aplicações, São Paulo: Novatec Editora, 2007

DE SÁ, Marco; CHURCHILL, Elizabeth. Mobile augmented reality: exploring design and prototyping techniques. In: **Proceedings of the 14th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services**. ACM, 2012. p. 221-230.

DUVAL, Raymond. Registros de representação semiótica e função cognitiva do pensamento. **Anais de Didática e Ciências Cognitivas**, Estrasburgo, v. 5, p. 35-65, 1993.

FERNANDES, Helder Miguel; VASCONCELOS-RAPOSO, José. Continuum de autodeterminação: validade para a sua aplicação no contexto desportivo. **Estudos de Psicologia**, SciELO Brasil, v. 10, n. 3, p. 385–395, 2005.

GARZÓN, Juan; PAVÓN, Juan; BALDIRIS, Silvia. Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. **Virtual Reality**, v. 23, n. 4, p. 447-459, 2019.

GSMA. **The mobile economy 2019**, 2019. Disponível em: <https://www.gsma.com>. Acessado em 18/12/2019

GUIMARÃES, Sueli ER. Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas em sala de aula. **A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea**, v. 3, p. 37-57, 2001.

HANTONO, Bimo Sunarfri; NUGROHO, Lukito Edi; SANTOSA, P. Insap. Meta-review of augmented reality in education. In: **2018 10th international conference on information technology and electrical engineering (ICITEE)**. IEEE, 2018. p. 312-315.

ISSN: 1984-6444 | <http://dx.doi.org/10.5902/1984644442392>

IBGE. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios**: síntese de indicadores [Internet]. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2016. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101631\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101631_informativo.pdf), acessado em 21/11/2019.

JONASSEN, David. **Computadores: Ferramentas Cognitivas**. Porto: Porto Editora, 2007.

KENSKI, Vani Moreira. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. Campinas (SP): Papirus, 2003.

KIM, Sung Lae et al. Using Unity 3D to facilitate mobile augmented reality game development. In: 2014 **IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)**. IEEE, 2014. p. 21-26.

KITCHENHAM, Barbara. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele, UK, Keele University, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

MELEIRO, Alessandra; GIORDAN, Marcelo. Hipermídia no ensino de modelos atômicos. **Química Nova na escola**, v. 10, p. 17-20, 1999.

MERCADO, Luís Paulo Leopoldo. **Novas tecnologias na educação: Reflexões sobre Práticas**. Maceió: EDUFAL, 2002

MORÁN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens**, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015.

NOVAK, Daniel; WANG, Minjuan; CALLAGHAN, Victor. Looking in, looking out: A discussion of the educational affordances of current mobile augmented reality technologies. In: **Educational stages and interactive learning: From kindergarten to workplace training**. IGI Global, 2012. p. 92-106.

PAAVILAINEN, Janne. et al. The Pokémon GO experience: A location-based augmented reality mobile game goes mainstream. In: **Proceedings of the 2017 CHI conference on human factors in computing systems**. ACM, 2017. p. 2493-2498.

SHELTON, B. E.; HEDLEY, N. R. **Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students**. In: The First IEEE International Workshop Augmented Reality Toolkit,. IEEE, 2002. p. 8 pp.

TORI, Romero. **Educação sem distancia: as tecnologias interativas na redução de distancias em ensino aprendizagem**. São Paulo: editora SENAC São Paulo, 2010.

VAVRA, Karen Loerke. et al. Visualization in science education. **Alberta Science Education Journal**, v. 41, n. 1, p. 22-30, 2011.

ISSN: 1984-6444 | <http://dx.doi.org/10.5902/1984644442392>

VUFORIA. **Vuforia Developer Portal**, 2019. Disponível em: <https://developer.vuforia.com/>. Acessado em 25/11/2019.

Wang, Minjuan et al. Realidade aumentada em educação e treinamento: abordagens pedagógicas e estudos de caso ilustrativos. **Revista de inteligência ambiental e computação humanizada**, v. 9, n. 5, p. 1391-1402, 2018.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)