

Uma revisão sistemática da literatura sobre a construção e uso dos mundos virtuais 3D no ensino de Física

Vagner Schillreff Diniz¹

Dioni Paulo Pastorio²

Resumo: Neste artigo são apresentados os resultados da busca e análise dos artigos, teses e dissertações publicados em Periódicos Acadêmico-Científicos e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações que tratam da construção e utilização de Mundos Virtuais 3D (MV3D) no âmbito educacional, com foco no ensino de Física (EF). Através da revisão bibliográfica, norteadas pelo procedimento de Revisão Sistemática da Literatura, um total de 16 trabalhos foram selecionados para a amostra. Como resultado, obteve-se um panorama da área, com a indicação das principais características dos estudos, como conteúdos e plataformas utilizadas no desenvolvimento de MV3D, bem como contribuições e potencialidades no processo de ensino e aprendizagem de Física. Dentre elas, destaca-se o uso adequado dos recursos da tecnologia tridimensional, reproduzindo com qualidade os ambientes reais em um mundo virtual, possibilitando a associação com a realidade do estudante em uma perspectiva motivacional.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Mundo Virtual Tridimensional. Revisão Sistemática da Literatura.

A systematic review of the literature on the construction and use of 3D virtual worlds in Physics teaching

Abstract: This article presents the results of the search and analysis of articles, theses and dissertations published in Academic-Scientific Periodicals and in the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations that deal with the construction and use of 3D Virtual Worlds (MV3D) in the educational field, with a focus on in Physics teaching. Through the literature review, guided by the Systematic Literature Review procedure, a total of 16 works were selected for the sample. As a result, an overview of the area was obtained, with an indication of the main characteristics of the studies, such as contents and platforms used in the development of MV3D, as well as contributions and potentialities in the teaching and learning process of Physics. Among them, the adequate use of three-dimensional technology resources stands out, reproducing with quality the real environments in a virtual world, allowing the association with the student's reality in a motivational perspective.

Keywords: Meaningful Learning. Three-Dimensional Virtual World. Systematic Review of Literature.

Una revisión sistemática de la literatura sobre la construcción y el uso de mundos virtuales 3D en la enseñanza de la Física

Resumen: Este artículo presenta los resultados de la búsqueda y análisis de artículos, tesis y disertaciones publicados en Periódicos Académico-Científicos y en la Biblioteca Digital Brasileña de Tesis y Disertaciones que tratan de la construcción y uso de

¹ Mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Rio Grande do Sul, Brasil. ✉ vagner.s.diniz@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-2242-2189>.

² Doutor em Educação em Ciências. Professor do Departamento de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Rio Grande do Sul, Brasil. ✉ dionipastorio@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-6981-5783>.

Mundos Virtuais 3D (MV3D) en el campo educativo, con énfasis en la enseñanza de la Física. A través de la revisión bibliográfica, guiada por el procedimiento Systematic Literature Review, se seleccionaron un total de 16 obras para la muestra. Como resultado se obtuvo un panorama general del área, con indicación de las principales características de los estudios, como contenidos y plataformas utilizadas en el desarrollo de MV3D, así como aportes y potencialidades en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Física. Entre ellos se destaca el uso adecuado de recursos tecnológicos tridimensionales, reproduciendo con calidad los ambientes reales en un mundo virtual, permitiendo la asociación con la realidad del estudiante en una perspectiva motivacional.

Palabras clave: Aprendizaje Significativo. Mundo Virtual Tridimensional. Revisión Sistemática de la Literatura.

1 Introdução

O uso das TIC não é mais visto como apenas acessório na ação de educar, pois, segundo o MEC, “é indiscutível a necessidade crescente do uso de computadores pelos alunos como instrumento de aprendizagem, para que possam estar atualizados em relação às TIC e se instrumentalizem para as demandas sociais presentes e futuras” (BRASIL, 1997, p. 67). Nos últimos anos, o tópico da integração curricular das TIC tem sido objeto de inúmeras experiências pedagógicas, projetos de intervenção e/ou investigação de pequena ou larga escala, constituindo, ao mesmo tempo, “um enorme desafio para as políticas educacionais em diversos contextos de decisão, a começar pela esfera de ação dos decisores e reformadores curriculares” (VANDERLINDE; VAN BRAAK, 2011; AESAERT *et al.*, 2013).

Sem dúvida, os avanços tecnológicos estão mais presentes na sociedade, sendo notória a rapidez com que as pessoas se tornam dependentes de algum tipo de tecnologia, para uso pessoal, entretenimento, ou para fins profissionais, científicos e educacionais. Dentre as tecnologias que mais se destacam, estão os dispositivos móveis, como *smartphones*, *tablets* e *notebooks*.

Aproveitando essas características, o sistema educacional tem buscado a inserção destes dispositivos para promover e potencializar o aprendizado dos conteúdos, influenciando na formação educacional e profissional dos alunos. O diálogo que se estabelece entre o homem e a máquina, o qual chamamos de interação (LE MOS, 2010), possibilita nas simulações um novo patamar de interatividade para o usuário, ou seja, maior ação e controle sobre o ambiente que está sendo explorado. Os avanços na área da computação abriram novas perspectivas e possibilidades, tornando viável seu uso para o ensino, as quais permitem reproduzir conceitos físicos

que necessitariam de modelos mais complexos para compreensão no mundo real. Estas novas possibilidades sugerem interações mais complexas entre alunos e conteúdos, trabalhados de forma digital. A interatividade, segundo Jensen (1998), indica a potencialidade do aparato permitir a interação entre o homem e a máquina, ou a possibilidade de o usuário exercer no ambiente influência sobre seu conteúdo e a forma como a comunicação está sendo mediada. Para Piaget (1978), o conceito de interação considera a relação entre indivíduos e os processos complexos de trocas e significações. Sendo assim, os diversos modos de utilização do computador no ensino permitiram a diversificação de estratégias didáticas por parte do professor, que dispõe de vasta gama de recursos tecnológicos para mediar o conhecimento, utilizando meios interativos para potencializar seu aprendizado.

Fiolhais e Trindade (2003) apresentam as principais modalidades de utilização do computador no ensino da Ciência e da Física em particular, sendo elas: Aquisição de dados; Modelagem e simulação; Materiais multimídia; Realidade virtual; e internet. Cabe ressaltar que essas modalidades não são as únicas. Outras possibilidades foram aparecendo durante os anos e uma das que se apresenta, atualmente, é o Mundo Virtual Tridimensional (MV3D), que se “materializa” pela criação de representações gráficas em 3D do mundo físico real, necessitando diretamente da ação humana através das combinações realizadas no viver e no conviver e do estabelecimento de relações entre os Avatares e o mundo virtual.

Com a origem dos MV3D, é possível criar “novos corpos”, corpos estes “tecnologizados” ou “corpos digitais virtuais”, que podem estar “aqui” e “lá” ao mesmo tempo; esse parâmetro condiciona novas realidades, experiências e sensações a esses corpos digitais. Segundo Schlemmer (2008), a presença, ou o estar presente, não se limita apenas à presença física, imposta pela condição de um corpo físico. Os mundos virtuais, segundo Lévy (1999), possuem duas características distintas, sendo elas: a imersão, que possibilita ao sujeito uma representação e uma interação com os usuários e com o meio, onde suas ações afetam diretamente o ambiente; a navegação, que ocorre quando o mundo orienta os passos do indivíduo.

Para Schlemmer (2004), o MV3D pode reproduzir de forma semelhante ou fiel o mundo físico real, podendo ser uma criação diferenciada, desenvolvida a partir de representações imaginárias, simulando espaços não-físicos para convivência digital virtual. Segundo o autor, “esses mundos” podem ter leis próprias, nos quais se pode

usar todo o poder de invenção e criatividade, pois os habitantes não estão presos a regras físicas. Uma das características fundamentais dos MV3D é a de serem sistemas dinâmicos, que se modificam em tempo real, à medida que os sujeitos interagem com ele. Essa interação ocorre em menor ou maior grau dependendo da interface adotada, pois os mundos virtuais são povoados por meio de avatares, ou por “humanos virtuais”. Enquanto nos tradicionais meios digitais virtuais o acesso à informação ocorre por intermédio de um *browser*, com a interface baseada em um ambiente bidimensional de textos, imagens estáticas, em um Metaverso a navegação ocorre em ambiente tridimensional, dinâmico, sem a perda do acesso a esses mesmos recursos. Segundo o autor, Metaverso tem caráter real, pois se trata de uma ampliação do espaço real do mundo físico dentro de um espaço virtual na internet. Lemos (2010) caracteriza os Metaverso como sendo

a encarnação tecnológica do velho sonho de criação de um mundo paralelo, de uma memória coletiva, do imaginário, dos mitos e símbolos que perseguem o homem desde os tempos ancestrais, e se “materializa” na criação de MV3D, onde os sujeitos, representados por avatares experimentam a imersão, por meio da telepresença, interagindo e criando diferentes espaços representados em 3D para o viver e conviver, propiciando o surgimento de “mundos paralelos” (LEMOS, 2010, p. 138).

Assim como o termo Metaverso, Neal Stephenson (1992) foi criador do termo “Avatar”, que designa a representação de um humano no ciberespaço. Avatar é um

termo Hindu utilizado para descrever uma manifestação corporal de um ser imortal, ou uma manifestação neste mundo de um ser pertencente a um mundo paralelo. Deriva do sânscrito Avatāra, que significa “descida”. No contexto tecnológico, o termo se refere a uma representação gráfica de um sujeito em um Mundo Virtual (SCHELEMMER; TREIN, 2008, p. 04).

No contexto do MV3D, Avatar é o termo usado para nomear a representação gráfica de um sujeito no mundo virtual. De acordo com a tecnologia, pode variar desde uma simples imagem até um sofisticado modelo em 3D, pré-definido ou totalmente customizado. O Avatar pode ser uma simulação da aparência do corpo físico real ou ser fruto da imaginação, da criatividade de seu criador, o que possibilitará originar-se uma nova identidade. A personalização do Avatar aumenta significativamente o grau de “realismo”, influenciando diretamente na imersão do usuário, por meio do qual o mesmo poderá desenvolver um sentimento de pertencimento ao mundo. Nos Metaversos, as regras, padrões, formas e parâmetros são definidos pelos sujeitos que vivem e convivem nesses espaços. A interação nesse ambiente pode ocorrer de forma

síncrona ou assíncrona.

Segundo Crisp (2012), os mundos virtuais são capazes de criar ambientes de aprendizado e de avaliação; utilizá-los como nova ferramenta de auxílio à construção do conhecimento pode ser muito positivo, porém, por si só, não promovem a aprendizagem. Segundo Vygotsky (1999), a aprendizagem acontece por meio da interação do sujeito com o objeto de conhecimento e com outros sujeitos, caracterizando a interação como um dos elementos para o processo de ensino e aprendizagem, e isso é possível no MV3D através da criação de um Avatar. Porém, é preciso levar em consideração que o simples fato de utilizar o MV3D no contexto educacional, não significa uma “inovação”. Inova-se à medida que os professores se apropriam das tecnologias presentes nos mundos virtuais, compreendendo sua natureza específica, a fim de criar novas metodologias, novas práticas e processos de mediação pedagógicas, de acordo com as potencialidades que o MV3D oferece para o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos.

A fim de criarmos estruturas para o desenvolvimento e aplicação dos MV3D na área de EF, desenvolvemos uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) em periódicos nacionais (serão destacados abaixo), nos últimos doze anos. Além deste, destacamos os seguintes objetivos a serem alcançados:

- Mapear as publicações que envolvem o tema na área de EF, analisar os resultados das publicações que tratam do tema e caracterizar os MV3D no EF, evidenciando ferramentas tecnológicas já construídas.

2 A Revisão Sistemática da Literatura (RSL)

A RSL está norteada por quatro questões de pesquisa, que englobam a utilização do MV3D para o EF sob a perspectiva dos tópicos de aprendizagem abordados, suas formas de aplicação e métodos de avaliação do ensino e aprendizagem. Kitchenham *et al.* (2010) afirmam que a metodologia recomendada para agregar estudos empíricos é uma RSL. Para atingir o propósito da RSL, este trabalho foi desenvolvido através de uma pesquisa exploratória, com vista a realizar um estudo por meio da coleta de teses e dissertações publicadas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), assim como artigos publicados em periódicos nacionais, entre o período de 2008 a 2020. Cabe destacar que durante a pesquisa foram analisados os resultados dos trabalhos selecionados, utilizando a

técnica de Análise de Conteúdo (AC), de acordo com Bardin (1977), levando em conta as considerações e conclusões feitas por diversos autores acerca da construção e utilização do MV3D no EF. O procedimento de RSL é organizado nas fases de definição, execução e análise, conforme descrito no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1: Fases da RSL

Primeira Fase	Segunda Fase	Terceira Fase
Fase de Definição	Fase de Execução	Fase de Análise
Definição de um protocolo para a revisão, determinando as questões de pesquisa.	A revisão do protocolo é aplicada para pesquisar e identificar estudos relevantes.	Os trabalhos selecionados são analisados e os dados são extraídos para responder às questões de pesquisa.
Elaboração dos critérios de inclusão e exclusão de trabalhos.	Seleção de trabalhos considerando os critérios de inclusão e exclusão.	
Escolha das fontes para extração dos dados.		
Elaboração da <i>string</i> de pesquisa.		

Fonte: Elaboração Própria (Adaptado por Kitchenham).

3 Definição das Questões de Pesquisa (QP) da RSL

Definição das questões de pesquisa para estudo:

QP1: Quais são os conteúdos de Física abordados com a utilização de MV3D?

QP2: Como têm sido abordados os conteúdos que utilizam MV3D no EF?

QP3: Como tem sido avaliada a utilização do MV3D no Ensino de Física?

QP4: Qual o período cronológico das publicações?

De acordo com o objetivo e as questões de pesquisa, foram definidos critérios para a seleção de estudos relevantes, contidos no Quadro 2.

Quadro 2: Critérios de Seleção

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
A pesquisa aborda a temática de Mundos Virtuais no âmbito do Ensino de Física.	O texto completo da pesquisa não está disponível; A pesquisa não está situada ou não possui foco no âmbito do Ensino de Física, sendo direcionada a outras áreas.
A pesquisa aborda o processo de desenvolvimento, aplicação, utilização ou análise/avaliação de Mundos Virtuais no âmbito do Ensino de Física.	A pesquisa traz conceitos diferentes de Mundos Virtuais, como comunidades virtuais ou redes sociais, ou utiliza os termos da <i>string</i> de busca somente como referência.

A pesquisa considera os Mundos Virtuais como ambientes tridimensionais representativos do mundo real.	O estudo centra-se apenas em aspectos teóricos e filosóficos (sem definição de técnica, aplicação e / ou metodologia).
O estudo foi publicado entre 2008 e 2020.	O estudo encontra-se fora do período de análise definido.

Fonte: Elaboração Própria (2022)

Definidos os critérios de inclusão e exclusão para a seleção de estudos relevantes, a fonte de pesquisa, bem como a *string* de busca foi montada, conforme apresentado na seção a seguir.

4 Fonte de pesquisa e *string* de busca

A coleta dos artigos, teses e dissertações foi realizada por meio dos Mecanismos de Busca Acadêmicos (MBA). Segundo Bunchingher, Cavalcanti & Hounsel (2014, p. 109), o “MBA” é a composição de site, motor de busca, recursos de interface e conjunto de bases de dados que cobrem determinada área do conhecimento, visando a facilitar a identificação de materiais específicos e relevantes. Os MBA consolidaram as pesquisas por informações na *internet*, sendo, atualmente, os principais meios para alcançar fontes científicas, facilitando o acesso às publicações científicas, com possibilidade de uso em diversos filtros de ajuda.

Nesse sentido, foram utilizados os MBA presentes nos seguintes periódicos/repositórios: BDTD; Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF); Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF); Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (ENCITEC); Revista Educação Temática Digital (ETD); Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (RBECT); Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE); Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE). A escolha dos periódicos científicos e repositórios, citados anteriormente, leva em consideração suas características individuais na área de Ensino de Física/Ensino de Ciências.

Para construir a cadeia de pesquisa, primeiro identificamos os conceitos centrais deste trabalho: MV3D; Física; Ensino de Física, Aprendizagem, Educação e Realidade Aumentada (RA). Utilizando os conceitos centrais, a *string* de busca foi construída de forma genérica: no primeiro momento, utilizou-se “Mundo Virtual” AND “Ensino de Física”; em um segundo momento, “Realidade Aumentada” AND “Ensino de Física”. Com base na *string* de pesquisa, as mesmas foram personalizadas de acordo com a sintaxe específica de cada um dos MBA.

5 Execução da revisão

Na primeira etapa (Etapa 1), buscamos os textos nos periódicos previamente selecionados. Como resultado inicial, foram encontrados um total de 205 trabalhos, entre artigos, teses e dissertações. Os números específicos de trabalhos para cada banco de dados são mostrados na tabela 1, bem como os Gráficos para as etapas de pesquisa realizadas na primeira busca conforme *string* de pesquisa:

Tabela 1: Banco de Dados

MBA	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
BDTD	120	18	8
CBEF	28	6	0
ENCITEC	2	1	1
ETD	8	3	0
RBECT	20	10	1
RBEF	0	0	0
RBIE	1	1	1
RENTE	26	16	5
Total	205	55	16

Fonte: Elaboração Própria (2022)

A segunda etapa da pesquisa consistiu-se na análise dos artigos, teses e dissertações selecionados na Etapa 1, na qual os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados para definir os trabalhos a serem utilizados para a análise da RSL. Esta Etapa 2 consiste em ler os títulos, resumos e palavras-chave dos 205 trabalhos encontrados na Etapa 1, resultando em 55 trabalhos incluídos e 150 excluídos.

Finalmente, na terceira etapa, foi realizada uma leitura completa dos 55 trabalhos selecionados na Etapa 2, e então, os critérios de inclusão e exclusão foram novamente aplicados. Ao final, 39 trabalhos foram excluídos e 16 trabalhos foram considerados para análise de dados, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3: Trabalhos selecionados na Etapa 3 da RSL

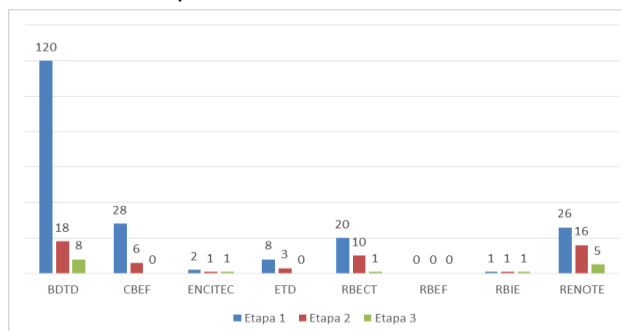
Título	Autor(es)/PAC
Mundos virtuais na educação: a Interatividade em Simulações de Fenômenos Físicos.	Greis (2012)/BDTD
LEO3D: Ambiente digital multididático para o ensino de óptica geométrica.	Salvo (2018)/BDTD

A realidade virtual e aumentada dedicada ao processo ensino-aprendizagem de física: socialização das concepções e validação do aplicativo RVA_360 - Momento Angular.	França e Silva (2020)/RBECT
Virtual, Real ou Surreal? A Física do Second Life.	Santos (2008)/RENTE
Um simulador educacional para disciplina de física em mundos virtuais.	Greis e Reategui (2010)/RENTE
O uso da realidade aumentada no ensino de física.	Sousa (2015)/BDTD
O ensino da física através de analogias com variantes do jogo de xadrez: Potencializado com realidade aumentada.	Matos (2017)/BDTD
A formação de conceitos científicos em física: Uma proposta de ensino delineada pela teoria das ações mentais utilizando realidade aumentada.	Perrone (2018)/BDTD
O potencial da realidade virtual e aumentada na concepção de objetos de visualização para a aprendizagem de física.	França (2019)/BDTD
Simulações computacionais 3D como ferramenta de apoio ao ensino de física.	Saib (2018)/BDTD
Recursos Educacionais em Realidade Aumentada para o Desenvolvimento da Habilidade de Visualização Espacial em Física.	Herpich (2019)/BDTD
Lançamento horizontal com realidade virtual: Jogo educativo para smartphones desenvolvido por estudantes da educação profissional.	Melendez <i>et al.</i> (2019)/ENCITEC
Ferramenta de Apoio ao ensino de Física utilizando Realidade Aumentada	Viegas <i>et al.</i> (2012)/RBIE
Realidade Aumentada Aplicada ao Ensino e Aprendizagem do Campo Magnético de um Ímã em Forma de Ferradura.	Ribeiro, <i>et al.</i> (2013)/RENTE
Desenvolvimento, utilização e avaliação da realidade aumentada em aulas de física.	Dernardin e Manzano (2017)/RENTE
Estudo exploratório sobre realidade aumentada e laboratório remoto no ensino de física.	Nicolete <i>et al.</i> (2019)/RENTE

Fonte: Elaboração Própria (2022)

Para melhor detalhamento, o Figura 1 apresenta os trabalhos selecionados nos respectivos periódicos durante a Etapa 1, Etapa 2 e Etapa 3.

Figura 1: Trabalhos encontrados nos periódicos selecionados durante a Etapa 1, Etapa 2 e Etapa 3



Fonte: Elaboração Própria (2022)

Após a seleção final, as teses, dissertações e artigos foram analisados e os dados extraídos, visando a responder às questões de pesquisa QP1, QP2, QP3 e QP4, para, conseqüentemente, atingir o objetivo do estudo.

6 Extração dos Dados

Para organizar e facilitar o processo de análise dos dados da RSL, foi construído o Quadro 4, selecionando os respectivos dados para serem extraídos de cada trabalho.

Quadro 4: Processo de Análise dos Dados

Questão de Pesquisa (QP)	Dados para Extração (DE)	Descrição
QP1: Quais são os conteúdos de Física abordados com a utilização de MV3D?	Referências	Referência do Estudo.
	Conteúdos de Ensino de Física	Tópicos/temas/conteúdos de ensino na área de Física
QP2: Como têm sido desenvolvidos os conteúdos nos trabalhos que utilizam MV3D no ensino de Física?	Metodologia	Metodologia para utilização do MV3D no ensino de Física.
	Teorias Educacionais	Teorias da educação que fornecem aprendizado utilizando TIC.
	Recurso digital	Quais recursos digitais foram utilizados.
QP3: Como tem sido avaliada a utilização do MV3D no Ensino de Física?	Público-alvo	Público-alvo selecionado para validação ou avaliação.
	Instrumento de coleta de dados	Instrumentos utilizados para coletar dados de avaliação.
	Resultados principais	Síntese dos principais resultados obtidos na avaliação do estudo.
QP4: Qual o período cronológico das publicações dos trabalhos?	Faixa cronológica.	Período em anos das publicações.

Fonte: Elaboração Própria (2022)

No Quadro 5, acima, constam as descrições de cada Dado para Extração (DE). Cabe ressaltar que os DE considerados devem estar explícitos nos trabalhos, visando ao detalhamento completo da pesquisa.

7 Análise e discussão dos resultados

Nesta seção, passamos para a análise e as discussões dos dados para cada Questão de Pesquisa. Com o intuito de facilitar a compreensão, serão abordados separadamente as QP1, QP2, QP3 e QP4.

7.1 QP1) Quais são os conteúdos de Física abordados com a utilização de MV3D?

Para responder essa questão, foi identificado o conteúdo conceitual abordado em cada estudo selecionado na Etapa 3. O quadro a seguir apresenta os conteúdos conceituais abordados em cada trabalho.

Quadro 5: Composição de conteúdos conceituais

Conteúdo	Autores	Descrição
Campo Elétrico	Denardin e Manzano (2017).	Sequência didática com uso de RA.
Campo Magnético	Ribeiro, <i>et al.</i> (2013).	Simulação experimental com uso da RA.
Circuitos Elétricos	Nicolete, <i>et al.</i> (2019).	Desenvolvimento de um Laboratório Remoto Aumentado e um Laboratório Virtual de RA.
Colisões	Greis (2012).	Desenvolvimento de um simulador virtual através de Second Life.
	Greis & Reategui (2010).	Apresentação da possibilidade de utilização de um simulador social como recurso pedagógico.
Corrente Elétrica	Sousa (2015).	Desenvolvimento de um simulador RA para o ensino de Física.
Força Gravitacional, Conservação de Energia e Entropia	Matos (2017).	Desenvolvimento de um produto educacional em RA.
Lançamento Horizontal	Melendez <i>et al.</i> (2019).	Desenvolvimento de um jogo educativo em RA.
Leis de Newton	Santos (2008).	Atividades Experimentais das Leis da Física através do Mundo Virtual Second Life.
Mecânica e energia	Viegas <i>et al.</i> (2012).	Construção de uma ferramenta de apoio ao ensino de Física utilizando RA.
Mecânica, Hidrostática e Calorimetria	Herpich (2019).	Experiências educacionais através do uso da RA em dispositivos móveis.
Mecânica Vetorial	Saib (2018).	Sequência didática com integração de simulações computacionais 3D.
Momento Angular	França (2019).	Elaboração de um recurso digital gerado com RV e RA imersiva.
	França e Silva (2020).	Criação de um software educativo RVA_360.
Cinemática	Perrone (2018).	Sequência didática que utiliza a RA como recurso computacional para o ensino de Física.
Óptica geométrica	Salvo (2018).	Construção e desenvolvimento de um Jogo Educacional Digital Leo3D.

Fonte: Elaboração Própria (2022)

A seguir, são apresentados um detalhamento e uma discussão mais aprofundados dos conceitos físicos abordados em cada trabalho.

Santos (2008) descreve as leis de Newton no mundo virtual do *Second Life* (SL); o autor aborda a mecânica newtoniana e as leis do movimento. Enquanto várias grandezas físicas — tais como tempo, comprimento e ângulo — têm seus correspondentes físicos no mundo real, no SL, porém, certas grandezas físicas apresentam definição bem diferente das da Física Newtoniana no mundo real, como Massa, Aceleração, Atrito e Energia.

França e Silva (2020), durante a pesquisa, abordaram o conceito de momento angular; sua escolha levou em consideração as dificuldades de aprendizagem relatadas em diversos artigos na área do EF básica. Durante o trabalho, apresenta-se uma revisão de conceitos físicos sobre a segunda lei de Newton, bem como uma abordagem detalhada sobre veículos de duas rodas, sendo estes os objetos de visualização gerados e adotados como foco principal de ensino-aprendizagem.

Em Greis (2012), o autor aborda os conceitos de conservação do momento linear. No modelo proposto na pesquisa, é considerado apenas o choque unidimensional entre dois veículos, onde dois corpos de massa e velocidade indicados pelo aluno colidem em uma mesma direção.

Salvo (2018) trabalhou com conteúdos de óptica geométrica sobre propagação da luz e formação de sombras: a reflexão, a refração, a dispersão e os espelhos planos e esféricos. Utilizaram-se os preceitos da aprendizagem significativa, segundo a qual o novo conceito se beneficiará dos subsunçores já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Dessa forma, os Laboratórios Didáticos Virtuais (LDV) foram pensados e modelados utilizando objetos presentes no dia a dia — espelhos, lanternas, cubos, entre outros — apresentando situações presentes no mundo real que possibilitam ao estudante interações conduzindo a uma aprendizagem ativa, construtiva, cooperativa, autêntica e intencional.

Em Greis e Reategui (2010), ocorreu a construção de um simulador educacional desenvolvido para a disciplina de Física. O mesmo foi criado em um mundo virtual (SL), destinado ao ensino e aprendizagem do fenômeno físico da colisão entre dois corpos. Este modelo possibilita que o aluno defina os valores das variáveis envolvidas na simulação: velocidade inicial e massa de ambos os corpos, além do coeficiente de elasticidade.

Souza (2015) abordou o conceito físico de condução elétrica, considerando o fato da criação de um objeto virtual, o qual compreende o segmento de um fio

condutor, quando se pode observar os íons fixos que compõem a estrutura cristalina, bem como os elétrons livres. Além disso, torna-se possível alterar parâmetros, como velocidade de animação, para observar a magnitude térmica em comparação com a velocidade de migração e a intensidade do campo elétrico.

Matos (2017) teve como objetivo facilitar as regras dos jogos de xadrez e ensinar os conceitos físicos de força gravitacional, conservação de energia e entropia. Segundo o autor, o jogo aplicado abordou o conceito de força gravitacional, por isso levou o nome “xadrez gravidade”. A cada movimento de uma peça, as ações que simulam a força gravitacional acontecem no jogo. Num segundo momento, abordou o conceito de conservação de energia. Segundo o autor, os fenômenos naturais são irreversíveis exatamente por se realizarem sempre no sentido de estados ordenados para estados desordenados. Aumentando a desordem, aumenta a indisponibilidade da energia do sistema, aumentando sua entropia. O jogo — denominado *xadrez entropia* — procura auxiliar professores e alunos no entendimento dos conceitos de irreversibilidade, desordem e energia degradada.

Perrone (2018) explorou definições da mecânica, em particular o MRU, o MRUV e o movimento periódico. O autor busca proporcionar aos alunos a interação com o objeto de pesquisa e sua visualização para definições de grandezas físicas, tais como: velocidade; força; massa; período.

França (2019) tem como foco principal o ensino e a aprendizagem do conceito de momento angular. Primeiramente, é apresentado um tutorial descrevendo as grandezas físicas que envolvem manobras com veículos de duas rodas, abordando uma revisão da segunda lei de Newton. Na sequência, o autor propõe questões práticas sobre o conteúdo já citado.

Saib (2018), em seu trabalho, introduz os conceitos de vetores, desenvolvendo uma simulação que permite ao aluno visualizar os vetores posição, deslocamento, velocidade e aceleração, além de suas respectivas componentes.

Herpich (2019), durante sua pesquisa, desenvolveu experiências educacionais através do uso do aplicativo avatAR UFRGS em dispositivos móveis, abordando conceitos físicos, como: Mecânica; Hidrostática; Calorimetria; Eletromagnetismo e Ondas. Ao acessar o aplicativo, tem-se acesso a diversos recursos educacionais, onde ocorre a visualização de fenômenos físicos micro e macroscópicos.

Melendez *et al.* (2019) trabalharam com o conteúdo de lançamento bidimensional. A escolha deste tema levou em consideração sua ocorrência natural em vários fenômenos cotidianos e as dificuldades na aprendizagem. Desenvolveu-se uma simulação que possibilitou inserir um comando para variação de velocidade inicial de lançamento; dessa forma, pode-se compreender a atuação das forças de atração gravitacional e de resistência do ar, as quais interferem diretamente no movimento do objeto lançado.

Viegas *et al.* (2012) apresentam uma ferramenta de apoio ao EF, utilizando os conceitos de: colisão elástica para exemplificar a lei de conservação do movimento; lançamento vertical e queda livre, utilizando esferas, com velocidades de lançamento diferentes, a fim de simular as transformações de energia; MRUV e decomposição de forças, exemplificados na descida de um bloco sobre um plano inclinado; pêndulo simples, ocorreu a simulação do movimento harmônico simples, a fim de obter a amplitude e o período do pêndulo para diferentes tamanhos do fio.

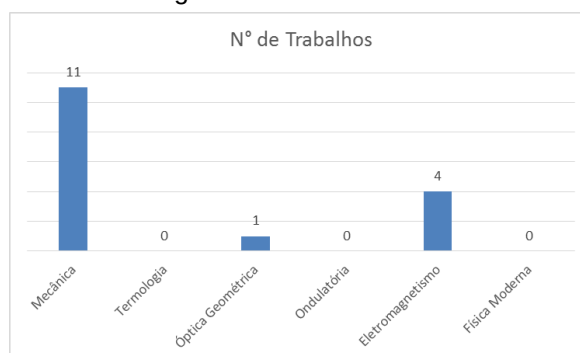
Ribeiro *et al.* (2013) apresentam, em seu trabalho, uma proposta de ensino e aprendizagem de campo magnético; para isso, utilizou-se um ímã em forma de ferradura, onde pode ser visualizada e simulada a representação das linhas de campo magnético uniforme em três dimensões.

Denardin e Manzano (2017) abordaram, em seu trabalho, os conceitos de Campo Elétrico e Linhas de Campo; neste estudo, analisou-se o uso de elementos de RA, incorporando aspectos físicos relacionados à blindagem eletrostática.

Nicolete *et al.* (2019) apresentam, em sua pesquisa, o uso de recursos tecnológicos para o ensino de circuitos elétricos. Os recursos desenvolvidos foram utilizados como apoio para ensino de conceitos básicos de eletricidade e associação de resistores, sendo possível observar os diferentes comportamentos luminosos das lâmpadas e o comportamento da corrente elétrica nos circuitos em série e em paralelo.

De acordo com o Quadro 5, e classificados os conteúdos utilizados no desenvolvimento dos trabalhos nas grandes áreas da Física, é possível caracterizar a construção e mapear as áreas mais e menos favorecidas. O Figura 2, a seguir, descreve o número de trabalhos por área.

Figura 2: Áreas da Física



Fonte: Elaboração Própria (2022)

Podemos verificar, assim, uma forte concentração de trabalhos de Mecânica. Aqui, faz sentido especularmos sobre esse importante resultado. É de conhecimento da área de EF, tanto por docentes como por especialistas, a grande ênfase dada para o estudo da mecânica. Diversos são os trabalhos que mostram concentração específica nessa grande área de EF, somado ao longo período de estudos na educação básica. Como podíamos imaginar, este trabalho traz resultados que não destoam dos outros. Uma massiva concentração e uma ausência considerável de trabalhos em outras temáticas, abrindo espaços para o desenvolvimento de recursos e trabalhos nessas áreas, sendo um desdobramento claro aos resultados apontados aqui neste artigo.

7.2 QP2) Como têm sido abordados os conteúdos nos trabalhos que utilizam MV3D no ensino de Física?

Dos 16 trabalhos selecionados para análise e interpretação, oito (8) foram publicados na BDTD, um na (1) ENCITEC, um na (1) RBECT, um na (1) RBIE, e cinco (5) foram publicados na RENOTE. O tema de *MRU* e *MRUV* foi aplicado em dois trabalhos diferentes: Perrone (2018) e Seib (2018); os mesmos desenvolveram uma sequência didática que permite a integração de simulações 3D como recurso computacional para o EF. Os temas *Mecânica*, *Hidrostatica*, *Calorimetria*, Herpich (2019), *Campo Magnético*, Ribeiro *et al.* (2013) e *Campo Elétrico e Linhas de Campo*, Denardin e Manzano (2017), também fazem uso e aplicação de atividades didáticas no ensino de Física através de simuladores 3D. Os demais conteúdos tiveram como objetivo a construção e desenvolvimento de um simulador ou recurso educacional 3D.

Nicolette *et al.* (2019) desenvolveram dois laboratórios online: um Laboratório Virtual de RA e um Laboratório Remoto Aumentado (LRA). O LRA foi criado a partir de um laboratório remoto já existente, disponibilizado pelo Laboratório de

Experimentação Remota (Rexlab). O mesmo consiste em três circuitos elétricos simples, nos quais os alunos podem interagir conectando e desconectando as lâmpadas, observando diferentes comportamentos da corrente elétrica em circuitos. Este experimento demonstra, como a corrente elétrica percorre o circuito, mostrando a presença /ausência e intensidade por meio de animação e composição de cores. Os objetos 3D utilizados para a composição do LRA foram modelados por meio da ferramenta *Unity 3D* (2018), em linguagem de programa *C#*. A RA é integrada por meio do *framework Vuforia*, que, através de uma série de abstrações, possibilita a relação de marcadores, desenvolvidos em *Unity*. A comunicação bidirecional entre a RA e o *hardware* do laboratório remoto foi implementada através de um sistema de *web sockets*; para tanto, foi utilizada *SocketIO*, uma biblioteca *Javascript/C#*.

Greis e Reategui (2010) desenvolveram, em seu trabalho, um simulador educacional para a disciplina de Física, construído em um mundo virtual do *Second Life*. Este simulador é destinado ao ensino e aprendizagem do fenômeno físico da colisão entre dois corpos. A situação escolhida foi o choque de dois veículos que se locomovem sobre trilhos. A narrativa possibilita remeter os estudantes a um parque de diversões, no qual alunos e professores se reúnem para visualizar uma situação de colisão real. A construção dos veículos envolvidos na simulação permite que os alunos estejam no interior dos corpos que colidirão. Além da observação do fenômeno do interior do veículo, é possível que a colisão seja observada de diversos ângulos diferentes de fora do veículo, e repetidas vezes para a melhor compreensão do fenômeno físico. Segundo os autores, pode-se identificar que os ambientes virtuais favorecem a interatividade de alunos e professores envolvidos nos processos de simulação, auxiliando na compreensão dos conteúdos que estão sendo abordados. A imersão propiciada pelos avatares, dentro dos cenários tridimensionais, além das relações sociais que se estabelecem nesta mídia social, pode ser o motor que instiga alunos a um engajamento e dedicação maiores neste espaço virtual.

Sousa (2015) desenvolveu um objeto virtual simulado de RA para o EF abrangendo o conteúdo de corrente elétrica a partir do uso de *software* com modelagem 3D: *Flux Studio* da *Media Machines*, *Vivaty Studio* da *Vivaty*, *Blender* da *Blender Foundation*, *3 ds Max* da *Autodesk* e o *VrmlPad* da *Parallelgraphics*. O objeto virtual simulado desenvolvido representa o modelo clássico de *Drude*.

Santos (2008) aborda as Leis de Newton no mundo virtual do *Second Life*.

Segundo o autor, este metaverso é possivelmente o ambiente virtual mais realista do mercado atual, pois os objetos dentro dele são controlados pelo *software Havok™*. Este potente *software* foi usado na realização de efeitos especiais em vários filmes, tais como Tróia (*Troy*), X-Men: O Confronto Final (*X-Men: The Last Stand*), Harry Potter e a Ordem da Fênix (*Harry Potter and the Order of the Phoenix*), entre outros (HAVOK, 2008). Em princípio, *Havok* implementa a mecânica newtoniana. O objetivo de seu projeto é proporcionar uma simulação que dê ao jogador um ambiente de jogo consistente para explorar.

Matos (2017) desenvolveu um produto educacional através de um jogo de Xadrez. Trata-se de “variantes do xadrez tradicional”, onde se utilizam regras do movimento de peça do xadrez, ampliadas com outras regras e conceitos físicos, entre eles Gravidade, Conservação de Energia e Entropia. O recurso de Realidade Aumentada que faz parte do produto educacional está presente na forma de códigos de leitura (QR CODE); esses marcadores podem ser acessados através de um *smartphone* com o aplicativo *App Augment*.

Melendez *et al.* (2019) criaram um objeto virtual de aprendizagem: um jogo de lançamento de projéteis direcionado para o EF. Para o desenvolvimento do jogo, utilizou-se o aplicativo *Unity* - uma das plataformas mais populares e completas para a criação de jogos digitais e disponível gratuitamente na versão Personal - com o efeito *Low Poly* (malha poligonal para computação gráfica tridimensional).

Viegas *et al.* (2012) apresentam uma ferramenta de apoio ao EF, abrangendo o conteúdo de mecânica e utilizando RA através do *SudaRA*. Consiste em um *framework* de suporte ao desenvolvimento de aplicações de RA, desenvolvido em C++ e baseado no *ARToolKit*.

França (2019) fornece o processo de criação e concepção de uma ferramenta computacional dedicada e pensada para o EF. O recurso digital, RVA_360 – Momento Angular, foi disponibilizado em duas versões de uso da RVA. Uma no modo imersivo, com o uso da plataforma *Oculus Rift*, e a outra no modo semi-imersivo, para diversas plataformas computacionais. Ainda no processo inicial de preparação para a criação da ferramenta, destaca-se a adoção da linguagem *Virtual Reality Modeling Language* (VRML). De forma mais detalhada e técnica, VRML é uma linguagem de programação de computadores bastante utilizada no âmbito da RVA, cujo objetivo é nortear a implementação computacional com a sua utilização para a produção de objetos de

visualização. Os componentes feitos na linguagem VRML são totalmente compatíveis com a *Unity 3D*. Isso significa que é possível ter uma cidade montada com bibliotecas de componentes da plataforma e os avatares feitos em VRML. Esta ferramenta propõe a produção de objetos de visualização para o EF, que auxiliem a modelização e potencialização da habilidade de abstração e representação dos aprendizes.

Salvo (2018) desenvolveu um jogo educacional que utiliza os preceitos de mundos virtuais, laboratórios de simulação e jogos de entretenimento, explorando os conteúdos de óptica geométrica. Além da *Unreal Engine*, utilizada para o desenvolvimento do jogo proposto, outras ferramentas apoiaram o processo. Estas foram responsáveis pelas edições de imagens, sons, modelagem 3D, entre outras. Após a definição do ambiente de desenvolvimento (*Unreal Engine*), o trabalho apresenta as principais etapas realizadas para a criação do JED proposto. Ainda em relação aos conteúdos, notou-se grande variação de atividades voltadas para o EF.

7.2.1 A Unity

A Unity (também conhecida como Unity3D ou UnityEngine) é uma plataforma “motor de jogos”, baseada em um sistema versátil, objetivo e de fácil entendimento. Com ela é possível desenvolver jogos em duas ou três dimensões com diversos estilos de gráficos e mecânicas para várias plataformas diferentes.

Nos jogos 2D, a Unity permite a importação de sprites e um avançado renderizador de mundo 2D. Para jogos 3D, a Unity permite a especificação de compressão de textura, *mipmaps* e configurações de resolução para cada plataforma suportada pelo mecanismo de jogo, e fornece suporte para mapeamento de relevo, de reflexão e de paralaxe, oclusão de ambiente de espaço de tela, efeitos de pós-processamento de renderização para textura e tela inteira.

A linguagem de programação usada na Unity é a C# e dentro da própria plataforma existem módulos para aprender a criar scripts em C#, explicando a sintaxe básica com variáveis, funções e classes. Além da C#, também é possível utilizar Boo e JavaScript, com complementos que podem ser comprados dentro da Unity.

7.3 QP3) Como tem sido avaliada a utilização do MV3D no ensino de Física?

Para responder essa questão, foram coletados os dados mencionados no Quadro 4 com os principais resultados em relação e utilização dos MV3D no EF.

Inicialmente, para caracterização dos trabalhos analisados, é interessante explicitar alguns dados sobre o público-alvo, o tipo de pesquisa e os instrumentos de coleta de dados utilizados nos trabalhos aqui analisados. As atividades de MV3D foram, na maioria dos artigos, aplicadas em turmas de Educação Básica, tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Fundamental. Como instrumentos de coleta de dados, utilizaram-se, na maioria dos textos, questionários e relatos dos sujeitos de pesquisa, caracterizando uma predominância de pesquisas de caráter qualitativo.

Referente às potencialidades no processo de ensino e aprendizagem, notou-se que as TIC promovem e despertam o interesse e o engajamento dos alunos, tornando o processo motivador na maioria dos trabalhos. Pode-se notar que as simulações construídas nos mundos virtuais agregam um elemento potencializador da construção do conhecimento sobre os conceitos físicos estudados. Segundo Greis (2012), ao utilizar Mundos Virtuais como um ambiente educacional, ganhamos a liberdade de construir através de cenários virtuais um ambiente verossímil, possível de ser vivenciado pelo aluno em qualquer momento.

Esta nova situação permite fornecer ao aluno um ambiente simulado, apresentando a condição de não apenas tratar de conceitos prontos sobre o conteúdo que será trabalhado, mas também promover a possibilidade de o aluno alcançar ou elaborar seus próprios pré-conceitos, estabelecer relações, testar hipóteses, “errar e acertar” de forma livre. Aqui vale ressaltar a competência do professor na aplicação das atividades, em relação à concepção teórica e metodológica do processo de ensino e aprendizagem. O professor, por ser o mediador da atividade educacional, deve escolher cuidadosamente e organizar situações colaborativas de aprendizagem que façam sentido e sejam relevantes para os alunos (MOREIRA, 2011).

Vale ressaltar algumas dificuldades no uso do MV3D, que ocorreram possivelmente por conta da falta de computadores, *tablets*, *smartphones* ou aparelhos com um bom potencial computacional, uma vez que é necessário que os mesmos comportem as configurações operacionais de acordo com as recomendações para uso adequado das simulações 3D:

Os problemas técnicos encontrados devido à tecnologia utilizada por alguns estudantes provocam frequentemente uma compreensão adversa sobre o que é falha do processo no ensino e da aprendizagem e do que é limitação do recurso tecnológico utilizado. Esta situação pode alterar a percepção, motivação e o engajamento do aluno nas atividades propostas. (NICOLETE, *et al.*, 2019, p. 10)

Outro fator que tende a ser problemático quanto ao uso do MV3D está relacionado à necessidade de um acesso à *internet* com boa banda larga, o que demanda uma alta taxa de transferência de dados para o perfeito funcionamento do ambiente virtual. Cabe ressaltar que algumas simulações apresentadas nos trabalhos podem ser acessadas no modo off-line, porém isso restringe as potencialidades do uso e do aprendizado.

7.4 QP4) Qual o período cronológico das publicações dos trabalhos?

Percebemos que a aplicação de atividades utilizando MV3D vem aumentando durante os últimos anos. Ao analisarmos em diferentes intervalos, percebemos que no intervalo entre 2008 até 2016 (nove anos), foram publicados seis trabalhos; já no intervalo de 2017 a 2020 (quatro anos), foram publicados um total de dez trabalhos.

Tais dados formam um indício de interesse e potencialidades das tecnologias digitais no processo de ensino e aprendizagem de física. Esse interesse colabora com um dos focos na BNCC, que aborda o reconhecimento das potencialidades das tecnologias digitais para a realização de uma série de atividades relacionadas a todas as áreas do conhecimento. Entre as competências e habilidades definidas nesta etapa que o aluno deve desenvolver, destaca-se o uso de diversas ferramentas de *software* e aplicativos para compreender e produzir conteúdo em diversas mídias, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento (BRASIL, 2017).

8 Considerações Finais

Um ambiente educacional de aprendizagem parte do que é observado no mundo do aprendiz. Este ambiente deve servir para que o aluno estabeleça relações e significados, que o mesmo consiga propor hipóteses para novas situações que se apresentem durante sua vivência. Neste sentido, as TIC ampliam possibilidades para que o professor possa reproduzir situações reais dentro da sala de aula, gerando no aluno um papel ativo na sua aprendizagem, não se limitando apenas a absorver conteúdo ou informações de maneira abstrata. Uma condição necessária para a aprendizagem significativa pressupõe que as novas informações, desafios ou novidades, sejam relacionadas aos conhecimentos que os alunos já possuem, gerando possibilidades para que se construam novos conhecimentos.

O ambiente presente no MV3D oferece ao usuário um nível elevado de realismo, possibilitando vivenciar virtualmente situações complexas. Sua experiência

educacional neste ambiente digital é real, assim como o contato com os objetos ou outros usuários que podem encontrar pelo caminho não linear presente na estrutura virtual. Assim, a aprendizagem pode ocorrer no momento em que há interação entre o sujeito, o meio, o ambiente, os objetos, as pessoas e a realidade, ou seja, tudo o que está inserido no contexto de vida do aprendiz. Esta interação sujeito/meio potencializa e condiciona a construção de estruturas mentais necessárias para solucionar os desafios ou situações com as quais o indivíduo terá contato.

A pesquisa desenvolvida traz à luz as suas contribuições para o engajamento de novos desenvolvedores e pesquisadores nas áreas de EF, bem como retrata um panorama da produção, utilização e criação de MV3D. Apesar do caráter exploratório desta pesquisa, a mesma tem por objetivo principal caracterizar as produções da área, relacionados ao tema já destacado.

“O professor, por ser o mediador da atividade educacional, deve escolher cuidadosamente e organizar situações colaborativas de aprendizagem que façam sentido e sejam relevantes para os alunos” (MOREIRA, 2011, p. 11). Mesmo que o recurso do MV3D torne-se um aliado do professor, o mesmo deve preparar-se para mediar a construção do conhecimento e a interação dos alunos.

Além da formação do professor, é importante que os MV3D possuam interfaces criativas, oportunizando ao aluno, simular e criar novos experimentos, fazendo uso dos mecanismos externos necessários para mediação e comunicação, por meio de atividades reais e virtuais. Assim, os métodos de ensino, quando utilizados para o aprendizado, devem ser devidamente planejados e se necessário replanejados. “Fazer uso das mais diversas tecnologias existentes hoje na educação é um passo para o desenvolvimento das práticas pedagógicas e sua eficácia no desenvolvimento cognitivo, preparando seres humanos capazes de resolver problemas atuais com criatividade e independência científica” (PERRONE, 2018, p. 93).

Quando os recursos da tecnologia tridimensional são utilizados de maneira adequada, os mesmos permitem reproduzir com qualidade os ambientes reais em um mundo virtual. Esta possibilidade traz para o processo de ensino e aprendizagem a capacidade do aluno relacionar o conteúdo da simulação com experiências já vivenciadas (GREIS; REATEGUI, 2010), possibilitando a diversão e o entusiasmo pelo novo durante a prática educativa.

Estas experiências com simulações computacionais são mais intensas e

significativas para o aluno do que o modelo descritivo que simplesmente demonstra o fenômeno, suas interações através do ambiente simulado despertam um maior interesse e engajamento nas atividades propostas na disciplina, tendo como principal função a melhoria do processo ensino/aprendizagem como um todo. A interatividade e imersão propiciados pelo ambiente virtual proporcionaram um maior nível de engajamento aos alunos envolvidos na pesquisa (GREIS, 2012).

Outro fator que pode identificar a ampliação do engajamento do aluno nos modelos de simulação produzidos em mundos virtuais é através da imersão condicionada pela representação virtual destes no ambiente. Os mecanismos de controle do personagem virtual - o avatar - possibilitam uma quase presença do aluno dentro da simulação. Este sentido de telepresença amplia a experiência do aluno na interação com o modelo de simulação e principalmente com os conteúdos que estão sendo trabalhados (LÉVY, 1996).

A inserção dos MV3D no contexto educacional torna-se ferramenta potencializadora no processo de ensino e aprendizagem. Sua utilização na educação é uma alternativa, um complemento para as atividades no EF, principalmente a conteúdos que apresentam fenômenos e conceitos abstratos. O uso das TIC no ensino é uma alternativa de enriquecimento didático, entre o professor e o aluno, que vai além da oralidade, da escrita e dos habituais livros-textos (SOUZA, 2015). Sua aplicação deve ser estimulada, para que todos os indivíduos, sendo eles: professores ou alunos, sejam envolvidos, e façam parte do processo de ensino e aprendizagem.

Referências

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC/SEB, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Ensino Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BUCHINGER, Diego; CAVALCANTI, Gustavo Andriolli de Siqueira; HOUNSELL, Marcelo da Silva. Mecanismos de busca acadêmica: uma análise quantitativa. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, Passo Fundo, v. 6, n. 1, p. 108-120, abr. 2014.

CRISP, Geoffrey. Meaningful assessment within virtual worlds – what should it look like?. In *Experiential Learning in Virtual Worlds: 2nd Global Conference*, Prague (Czech Republic), 2012.

DERNARDIN, Luciano; MANZANO, Ramón Cid. Desenvolvimento, utilização e avaliação da realidade aumentada em aulas de física. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 1-10, dez. 2017.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 3, p.259-272, set. 2003.

FRANÇA, Carlos Roberto. **O potencial da realidade virtual e aumentada na concepção de objeto de visualização para aprendizagem de física**. 2019. 240f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) — Centro de Educação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

FRANÇA, Carlos Roberto; SILVA, Tatiana da. A realidade virtual e aumentada dedicada ao processo ensino-aprendizagem de física: socialização da concepção e validação do aplicativo RVA_360 – Momento Angular. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 13, n. 1, p. 142-169, jan./abr. 2020.

GREIS, Luciano Kercher. **Mundos virtuais na educação: a interatividade em simulações de fenômenos físicos**. 2012. 94f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Centro de Educação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

GREIS, Luciano Kercher; REATEGUI, Eliseo Berni. Um simulador educacional para disciplina de física em mundos virtuais. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, jul. 2010.

HAVOK. **Havok Physics Animation v. 6.0.0 PC XS User Guide**. Dublin: Havok. Com, Inc., 2008.

HERPICH, Fabrício. **Recursos educacionais em realidade aumentada para desenvolvimento da habilidade de visualização espacial em física**. 2019. 207f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) — Centro Informática na Educação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

KITCHENHAM, Bárbara; PRETORIUS, Rialette; BUDGEN, David; BRERETON, Pearl; TUNER, Mark; NIAZ, Mahmood; LINKMAN, Stephen. Systematic literature reviews in software engineering: a tertiary study. **Information and Software Technology**, Estados Unidos, v. 52, n. 8, p. 792-805, 2010.

LEMONS, André. **Cibercultura: tecnologia e vida social na cultura contemporânea**. 5ª edição; Porto Alegre: Sulina, 2010.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. Editora 34, Rio de Janeiro, 1999.

LÉVY, Pierre. **O Que é Virtual**. Editora 34, São Paulo, 1996.

MATOS, Alexandre de. **O ensino da física através de analogias com variantes do jogo de xadrez: potencializado com realidade aumentada**. 2017. 126f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) — Centro de Educação. Universidade Federal de Santa Catarina. Araranguá.

MELENDEZ, Thiago Troina; MENESES, Anelise Ramires; EICHLER, Marcelo

Leandro; RODRIGUES, João Paulo Cartier; LIMA, Yuri Ramos; FREITAS, João Fernando Siqueira. Lançamento horizontal com realidade virtual: jogo educativo para smartphones desenvolvidos por estudantes da educação profissional. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 207-214, set./dez. 2019.

MOREIRA, Marco Antonio. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e Aprender a aprender criticamente. **Revista Eletrônica do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 2-17, abr. 2011.

NICOLETE, Priscila Cadorin; JÚNIOR, Eduardo Tocchetto de Oliveura; CRISTIANO, Marta Adriana; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; VILA, Eduarda de; SILVA, Juarez Bento da. Estudo exploratório sobre realidade aumentada e laboratório remoto no ensino de física. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 345-355, dez. 2019.

PERRONE, Breno Mário Silva. **A formação de conceitos científicos em física: uma proposta de ensino delineada pela teoria das ações mentais utilizando realidade aumentada**. 2018. 118f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) — Centro de Ciências Exatas. Universidade Federal do Amazonas. Manaus.

PIAGET, Jean. **Fazer e Compreender**, São Paulo: EDUSP/Melhoramentos, 1978.

RIBEIRO, Adriana Azeredo de Souza, SIQUEIRA, Adriana Barreto de Oliveira, MACEDO, Suzana da Hora., Realidade Aumentada Aplicada ao Ensino e Aprendizagem do Campo Magnético de um Ímã em Forma de Ferradura. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 1-10, dez. 2013.

SAIB, Eduardo Nascimento. **Simulações computacionais 3D como ferramenta de apoio ao ensino de física**. 2018. 117f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) — Centro de Ciências Exatas. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória.

SALVO, André Luigi Amaral Di. **LEO3D: Ambiente digital multididático para o ensino de óptica geométrica**. 2018. 221f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Humano e Tecnologia) — Centro de Biociência. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. São Paulo.

SANTOS, Renato P. dos. Virtual, Real ou Surreal? A Física do Second Life. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, dez. 2008.

SCHLEMMER, Eliane; BACKES, Luciana; ANDRIOLI, Aline; DUARTE, Carine Barcelos. AWSINOS: Construção de um Mundo Virtual. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL – SIGRADI, 8, 2004, São Leopoldo. **Anais... UNISINOS**, 2004.

SCHLEMMER, Eliane; TREIN, Daiana. Criação de Identidades Digitais Virtuais para Interação em Mundos Digitais Virtuais em 3D. **Congresso Internacional de EaD – ABED**, 2008.

SOUZA, Marcelo Clayton de Jesus. **O uso da realidade aumentada no ensino de física**. 2015. 135f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) — Centro de

Ciências. Universidade de São Paulo. São Paulo.

VANDERLINDE, Ruben; VAN BRAAK, Johan. A new ICT curriculum for primary education in Flanders: defining and predicting teachers' perceptions of innovation attributes. **Educational Technology & Society**, Kaohsiung, v. 14, n. 2, p. 124-135, 2011.

VEIGAS, Marcelo Augusto Carvalho; VIEIRA, Marcelo Bernardes; SILVA, Rodrigo LS. Ferramenta de Apoio ao Ensino de Física utilizando Realidade Aumentada. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, Porto Alegre, v 20, n. 3, p. 60-73, dez. 2012.

VYGOTSKY, Lev Semionovitch. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.