



A REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO DE FÍSICA: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

VIRTUAL REALITY IN PHYSICS TEACHING: A BIBLIOGRAPHIC STUDY

GABRIEL DOS SANTOS OLIVEIRA ^{*1}, NÉRYLA VAYNE ALVES DIAS ^{†2},
CARLOS ALBERTO DE OLIVEIRA MAGALHÃES ^{‡3}

¹Universidade Estadual de Maringá - UEM, Programa de Pós em Educação para Ciência e Matemática (PCM)

²Universidade Estadual de Maringá - UEM, Departamento de Ciências.

³Universidade Estadual de Maringá - UEM, Departamento de Biologia

Resumo

Neste trabalho, o objetivo é compreender o que tem sido produzido pelas pesquisas em ensino sobre o uso da Realidade Virtual (RV) no âmbito da Física. Nos procedimentos metodológicos, foi realizado um levantamento bibliográfico por meio dos termos "Realidade Virtual" e "Ensino de Física", em periódicos na área do Ensino de Física (Qualis A1 e A2), no campo do Ensino de Ciências e no domínio da Tecnologia (Qualis A2 e B1), bem como na Base Digital de Teses e Dissertações; os dados foram categorizados por meio da análise de conteúdo de Bardin. Buscou-se mapear a recorrência e tipos de realidade virtual contemplada nos trabalhos encontrados, identificar tendências ou lacunas de temas da Física e compreender se as pesquisas valorizaram os processos de aprendizagem na forma como trataram o conhecimento físico. Os resultados indicaram que o tema tem sido pouco pesquisado no campo da Física, sendo identificados apenas nove trabalhos no campo de busca delimitado. Destes, notou-se a predominância de trabalhos técnicos, pesquisas que desenvolveram softwares de RV para o ensino de Física; em relação aos conceitos físicos, observou-se a recorrência de materiais que contemplaram os conteúdos da Mecânica Clássica, evidenciando ausência dos outros temas. Sobre os processos de aprendizagem, todas as pesquisas se pautaram em referenciais que embasam o papel ativo e autônomo do estudante em relação à tecnologia, reforçando a necessidade de um ensino que faça sentido e traga significado ao conhecimento físico abordado.

Palavras-chave: Tecnologia Educacional, Imersão, Análise de Conteúdo.

*g.s.oliveira00@gmail.com

†nerulaalves@yahoo.com.br

‡juniormagalhaes@hotmail.com

Abstract

In this work, the objective is to understand what has been produced by teaching research on the use of Virtual Reality (VR) in the scope of Physics. In the methodological procedures, a bibliographical survey was carried out using the terms "Virtual Reality" and "Physics Teaching", in periodicals in the area of Physics Teaching (Qualis A1 and A2), in the field of Science Teaching and in the field of Technology (Qualis A2 and B1), as well as in the Digital Database of Theses and Dissertations; the data were categorized using Bardin's content analysis. We sought to map the recurrence and types of virtual reality included in the works found, identify trends or gaps in Physics topics and understand whether research valued learning processes in the way they treated physical knowledge. The results indicated that the topic has been little researched in the field of Physics, with only nine studies identified in the delimited search field. Of these, the predominance of technical work was noted, research that developed VR software for teaching Physics; in relation to physical concepts, there was a recurrence of materials that covered the contents of Classical Mechanics, highlighting the absence of other themes. Regarding learning processes, all research was based on references that support the active and autonomous role of the student in relation to technology, reinforcing the need for teaching that makes sense and brings meaning to the physical knowledge covered.

Keywords: Educational technology; Immersion; Content analysis.

I. INTRODUÇÃO

O ensino de Física enfrenta, por vezes, diversos problemas. Dentre eles, a insuficiência do emprego de representações estáticas (figuras e imagens) no ensino de conceitos com alto nível de abstração, como partículas subatômicas, corpos em elevada velocidade, eletrodinâmica, eletromagnetismo, e outros conceitos abordados nas aulas de física (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002; PARREIRA et al., 2010). Além disso, a escassez de laboratórios, o uso de textos extensos, fórmulas intermináveis e a falta de contextualização dos conceitos com o cotidiano do aluno, favorecem a ausência de expectativas de alunos recém-chegados ao ensino médio, dificultando a sua participação e interesse nas aulas de física (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002; PARREIRA et al., 2010)

Por outro lado, a crescente evolução dos meios digitais, com computadores menores e com maior processamento de dados, possibilitou uma moderna área de interação homem-máquina com a criação de softwares, capacetes de visualização imersiva, luvas tecnológicas, inteligência artificial, dentre outros avanços da tecnologia (FIOLHAIS, TRINDADE, 2003).

De modo que, o desenvolvimento tecnológico e a crescente diversidade de métodos de ensino, com o intuito de confrontar o insucesso escolar, favoreceram a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) na escola (MEDEIROS, MEDEIROS, 2002; FIOLHAIS; TRINDADE, 2003). Nesse contexto, os softwares voltados à educação têm recebido atenção, indícios que podem ser amplamente explorados no campo do ensino de física. A imersão do aluno ao universo das animações tende a contribuir nos processos de

aprendizagem (MAYER, 2009). , fomentando o desenvolvimento e o estudo de inúmeras simulações computacionais com diferentes níveis de interatividade como a utilização de vídeos, softwares, jogos, Realidade Virtual (RV), Realidade aumentada etc. (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

No entanto, embora diversos autores descrevam possibilidades de uma revolução tecnológica e expectativas de solução repentina e moderna no âmbito educacional, a maioria desses recursos não chegam a ser utilizados (realmente) em sala de aula no ensino público (MISHRA et al., 2009). A falta de efetividade das tecnologias digitais no ensino permitiu reconhecer que esta não situa-se relacionada à deficiência das potencialidades das inovações, mas por motivos de falha no uso das tecnologias educacionais, tais como: a necessidade do conhecimento intrínseco das tecnologias, das possibilidades de seu uso com intuito pedagógico de modo eficaz; recorrente resistência de educadores que julgam que as tecnologias educacionais podem causar mais malefícios que benefícios; inovações que se atentam mais para o desenvolvimento da própria tecnologia do que do uso desta na resolução de questões fundamentais no processo de ensino e aprendizagem, entre outras (MISHRA et al., 2009).

Sendo interessante destacar que, o uso planejado das Tecnologias Educacionais pode fomentar mudança radical na sala de aula, em consequente no papel do professor, de modo que o educador não seja apenas o transmissor de informações, mas que apresente o conhecimento de forma instigante e favoreça o desenvolvimento da inteligência (MORAN, 2004; CARVALHO; GUIMARÃES, 2016).

Nesse sentido, esta pesquisa buscou analisar as potencialidades do uso da RV como ferramenta pedagógica no ensino de Física a partir de um levantamento bibliográfico sobre o tema, utilizamos como aportes teóricos a Análise de Conteúdo de Bardin (1977), e para a interpretação da RV nos processos de aprendizagem nos embasamos na Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel nas lentes de Moreira (2012; 2018).

Consideramos que uma pesquisa dessa natureza viabiliza reconhecer o que tem sido publicado (nas bases selecionadas) sobre o uso da RV no ensino de física, permite identificar tendências do emprego desse instrumento, compreender possíveis usos da ferramenta no processo de ensino e aprendizagem. Propiciando também, maior entendimento do uso dessas tecnologias como recurso metodológico no Ensino de Física, apontando lacunas e temas recorrentes, pontos positivos e desafios, o que é fundamental, tendo em vista que é uma temática ainda pouco explorada no âmbito da física.

II. APORTE TEÓRICO

Simulações computadorizadas extrapolam básicas animações, que podem ser classificadas por meio do nível de interatividade entre usuário e máquina (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002). Dentre as ferramentas tecnológicas altamente imersivas/interativas destacam-se a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV).

A RA é vista por Raposo et al (2004) como uma variação da RV, que permite ao usuário a visualização de objetos virtuais sobrepostos e/ou combinados ao mundo real. Enquanto a RV é definida como qualquer conjunto de ferramentas tecnológicas que possibilite o usuário interagir de forma eficaz com bancos de dados 3D computadorizados em tempo

real, empregando seus sentidos e habilidades naturais (BURDEA; COIFFET, 1994).

A RV se divide em imersiva (sistema capaz de imergir completamente o usuário no mundo virtual) e não-imersiva (acesso ao ambiente virtual sem isolar o mundo real) (ARAUJO, 2008). Por meio de sua capacidade de simular fenômenos abstratos de difícil reprodução, resulta em uma alternativa para a escassez de laboratórios de ciências e/ou então um suplemento para as atividades experimentais de considerado custo, velocidade, tamanho, periculosidade, etc., além de sanar as dificuldades de representação de fenômenos dinâmicos por meio de representações estáticas (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002; SANTOS; DICKMAN, 2019).

Embora o surgimento da RV tenha sido há mais de vinte anos, só recentemente demonstrou um aumento significativo de sua utilização. Sendo amplamente utilizada na medicina (no ensino de anatomia e simulação de operações), na arquitetura (auxilia na apreciação e em simulação de texturas e luminosidade) e na indústria militar (com o aumento da segurança em ambientes controlados no treinamento de militares) (RODRIGUES; PORTO, 2013). Demonstrando que, mesmo com diversas aplicações nas áreas do conhecimento, o emprego da RV converge para o ambiente de ensino de atividades de considerado custo e periculosidade.

A utilização dos recursos da RV de elevada interatividade facilita ao usuário total imersão em um mundo alternativo, onde ele possui total controle sobre as ações, sendo capaz de visualizar objetos que dificilmente seriam possíveis a olho nu, favorecendo ao usuário o levantamento de ideias de forma intuitivas (SILVA et al, 2008; ARAUJO, 2008; TRINDADE; FIOLEAIS, 1996). O levantamento de ideias intuitivas constitui um fundamento para a assimilação posterior de versões mais abstratas, gerais e precisas do mesmo conteúdo, aumentando dessa forma o seu significado potencial e evitando a aprendizagem memorística (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980 apud TAVARES, 2006).

Nessa perspectiva, a RV pode ser vista como uma ferramenta pedagógica no processo de ensino e aprendizagem. Sua capacidade associa-se à possibilidade de explorar cenários, etapas ou objetos por meio de manipulações e análises virtuais (NAKAMOTO et al, 2005). Todavia, para que ocorra aprendizagem por meio da utilização virtual, o aluno deve atribuir significado ao que está sendo apresentado, estando esses significados (sempre) relacionados com os conhecimentos já adquiridos por ele (conhecimentos prévios) (AUSUBEL, 1965; 1968; MORAES; SILVA, 2015). Além disso, Santos Filho et al. (2007) destaca que nos processos educativos pode haver o emprego do elemento lúdico como forma de atrair a atenção do aprendiz, convidando-o a experimentar um universo contextualizado ao objeto epistêmico em consideração. Evidenciando que, no meio educacional, o emprego de tecnologias digitais pode auxiliar o professor e os estudantes nos processos de ensino e aprendizagem (MAYER, 2009; 2014).

É importante destacar que o aumento do uso de tecnologias educacionais no ensino suscitou a necessidade do apoio de teorias educacionais, na tentativa de viabilizar de modo efetivo a aprendizagem. É nesse sentido que segue nossos olhares, buscando compreender o uso da RV nos processos de ensino e aprendizagem de física, com o intuito de perceber as vias utilizadas pelas pesquisas na área. Para a compreensão analítica desses encaminhamentos utilizamos a Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, na perspectiva de Marco Antônio Moreira.

De forma geral, a aprendizagem significativa ocorre no momento em que uma informação nova se associa a um aspecto notadamente considerável da estrutura cognitiva do indivíduo. Isto é, atentando-se ao conhecimento prévio desse indivíduo, de modo a formar hierarquias, onde conceitos mais específicos são ligados a conceitos mais gerais, ou quando conceitos mais gerais englobam conceitos mais específicos. O fundamental é que o conhecimento novo interaja de modo substantivo e não arbitrário na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 1999; MOREIRA, 2012).

Moreira (1999) declara também, que a viabilização da aprendizagem significativa no processo de ensino e aprendizagem pode ser mediada pelos elementos utilizados (materiais didáticos, estratégias de ensino, etc.), que por sua vez devem ser potencialmente significativos, oportunizando que o conhecimento seja construído significativamente, e não apenas de modo mecânico, memorizado (MOREIRA, 1999). Além disso, Salles (2013) apresenta a importância do uso e valorização dos conhecimentos armazenados na memória (conhecimento prévio) na TAS, a fim de construir estruturas cognitivas que possibilitem a formação de concepções novas.

Com o desenvolvimento e disseminação das TIC, a RV (Serious Game) surge como uma alternativa para o desenvolvimento da aprendizagem, em virtude da potencialidade no auxílio na promoção de ideias intuitivas em virtude de sua interface, jogabilidade e nível de interatividade (material potencialmente significativo). Confirmando que a RV possibilita a imersão em um mundo alternativo, seja ele em escala micro (modelo atômico, escala nanométrica, nível celular, etc.), escala macro (corpos celestes, camadas atmosféricas, locais de elevada profundidade) e/ou até mesmo em regiões de difícil acesso para os estudantes, sendo possível a construção de diferentes mundos virtuais totalmente imersivos, a fim de auxiliar na construção de novos significados. Essa perspectiva reforça a importância de compreendermos o processo de aprendizagem, e quais tendências foram consideradas nas pesquisas selecionadas no levantamento bibliográfico, foco desta pesquisa.

III. ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

O avanço das tecnologias de informação e comunicação, em especial as tecnologias de realidade simulada, fomentou o estudo e desenvolvimento de inúmeras pesquisas no âmbito educacional e da ciência da computação. Nesse cenário, a pesquisa bibliográfica é um instrumento de estudo relevante, visto a capacidade de expor os materiais escritos ao pesquisador e possibilitar, segundo Marconi e Lakatos (2003, p. 183), o estudo sob uma nova perspectiva, chegando a resultados transformadores.

Pesquisas de cunho bibliográfico têm, também, considerável importância como fonte terciária junto aos referenciais relevantes acerca de um tema, já que a apresentação categorizada de trabalhos primários (trabalhos originais) e secundários (interpretação de trabalhos originais) corroboram no desenvolvimento e compreensão do campo de pesquisa (PIZZANI et al, 2012). Mostrando-se fundamental para o estudo das pesquisas atreladas a Tecnologia Educacional e sua relação com o desenvolvimento dos recentes trabalhos vinculados à RV, com o intuito de compreender as possibilidades do uso da RV como uma ferramenta no ensino de física.

A respeito dos pressupostos metodológicos, a presente pesquisa é majoritariamente de cunho qualitativo, visto a capacidade em viabilizar a compreensão de tendências no comportamento de fenômenos, além de outras oportunidades (GODOY, 1995). Dito isso, a pesquisa não teve maior preocupação com a representatividade numérica das pesquisas, e sim com a profundidade de compreensão em relação ao tema estudado.

Nosso campo de busca se constituiu, inicialmente, em periódicos em português (brasileiro) de Qualis A1, A2 no âmbito do Ensino de Física e Qualis A2 e B1 no campo do Ensino de Ciências e na área de Tecnologia, totalizando 18 revistas consultadas. Entretanto, depois, consideramos necessário incluir também os trabalhos depositados na Base Digital de Teses e Dissertações (BDTD). A busca se deu por meio das palavras-chave: Realidade Virtual e Ensino de Física, que possibilitaram maior direcionamento do nosso objeto de pesquisa. Nos periódicos de Ensino de Física foi necessário apenas a palavra-chave Realidade Virtual para a busca. Para que tivéssemos o acesso a todos os trabalhos disponíveis nos periódicos, não definimos recorte temporal.

Realizada a pesquisa dos trabalhos, para organização do corpus de análise utilizamos a Análise de Conteúdo de Bardin, no qual é composta por processos sistemáticos que viabilizam o levantamento de indicadores, sejam eles qualitativos ou quantitativos, favorecendo a realização de inferência de conhecimento (CAVALCANTE et al., 2014).

Segundo Oliveira et al (2003), o propósito final da análise é fornecer indicativos úteis para compreender o objeto de pesquisa, bem como atingir os objetivos da investigação. Mostrando-se um instrumento de ampla utilidade em estudos voltados à educação, visto que auxilia o educador a retirar do texto escrito seu conteúdo manifesto ou oculto.

Partindo dessas considerações, empregamos o método de Análise de Conteúdo no sentido de compreendermos o papel, a perspectiva de uso, e o desenvolvimento da RV no processo de ensino e aprendizagem de física nos trabalhos selecionados. Buscamos ainda compreender as tendências pedagógicas e de temas da física, recorrências de trabalhos e modelos de ensino.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos procedimentos acima descritos, encontramos 18 periódicos que se adequaram aos critérios de seleção, sendo eles: Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas; Anais da Academia Brasileira de Ciências; Caderno Brasileiro de Ensino de Física; Ciência & Educação; COMCIÊNCIA (UNICAMP); Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências; Ensino de Ciências e Tecnologias na Educação; Investigação em Ensino de Ciências; Renote. Revista Novas Tecnologias na Educação; Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia; Revista Brasileira de Ensino de Física; Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências; Revista de Educação, Ciências e Matemática; Revista Educação & Tecnologia; Revista Tecnologia e Sociedade; Revista Tecnologias na Educação; Tear - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia e Revista Tecnologia Educacional. Na Tabela 1 exibimos as revistas em que foram encontrados trabalhos e suas respectivas quantidades, resultando, nesse primeiro momento, o total de 24 artigos. Todo o material foi analisado de forma pormenorizada, verificando se adequavam ao nosso objeto de pesquisa

Após a pré-seleção realizamos leitura dos títulos e resumos dos trabalhos de acordo à

Tabela 1: Revistas e números de artigos selecionados a partir da busca inicial. Fonte: Autoria própria (2023)

Revista	Nº de trabalhos
Anais da Academia Brasileira de Ciências	1
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	5
Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	1
Renote. Revista Novas Tecnologias na Educação	2
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	3
Revista Brasileira de Ensino de Física	2
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	2
Revista Educação & Tecnologia	1
Revista Tecnologia e Sociedade	7
TOTAL	24

nossa temática, mantendo somente aqueles que tratavam exclusivamente da RV no Ensino de Física. Essa nova etapa resultou em uma considerável redução do número de trabalhos, ficando 4 artigos (A). Mediante o reduzido número obtido pelo levantamento bibliográfico inicial, consideramos necessário ampliar nosso campo de busca, realizando nova seleção nas pesquisas depositadas na BDTD.

A busca realizada na BDTD se deu de forma análoga à realizada nas revistas, utilizando como palavras-chave Realidade Virtual e Ensino de Física". Resultando em 20 trabalhos, após leitura do título e resumo mantiveram-se 5, sendo 4 Dissertações (D) e 1 Tese (T), que estavam em consonância com nosso objeto de pesquisa.

Constituindo-se como corpus de análise desta pesquisa um total de 9 trabalhos (4 artigos, 4 dissertações e 1 tese) conforme apresentado na Tabela 2.

Publicação	Título	Autor(es)	Tipo
2002	Sistema de Realidade Virtual para Simulação e Visualização de Cargas Pontuais Discretas e seu Campo Elétrico	SANTOS; SANTOS e FRAGA	A
2008	Realidade Virtual e Ferramentas Cognitivas Usadas como Auxílio para o Ensino de Física	SILVA et al	A
2008	Virtual, Real ou Surreal? A Física do Second Life	SANTOS	A
2015	Controle do cursor tridimensional via Wii Remote em ambiente de realidade virtual para o ensino de Física	SCALCO	D
2018	A realidade virtual como ferramenta didática para o ensino de astronomia e cosmologia na educação básica	BEZERRA	D
2019	Teoria da relatividade restrita: uma sequência didática para o ensino médio abordando os conceitos de aberração da luz, contração espacial de Lorentz, efeitos Doppler, Terrell e Penrose	SOUZA	D
2019	O uso da realidade virtual como auxílio à resolução de problemas de movimentos oscilatórios	RODRIGUES	D
2019	O potencial da realidade virtual e aumentada na concepção de objeto de visualização para aprendizagem de Física	FRANÇA	T
2020	A realidade virtual e aumentada dedicada ao processo ensino-aprendizagem de física: socialização da concepção e validação do aplicativo RVA_360 Momento Angular	FRANÇA; SILVA	A

Tabela 2: Trabalhos selecionados. Fonte: Autoria própria (2023)

Para o processo analítico realizamos a leitura completa dos artigos selecionados, bem

como a leitura dos resumos (e consultas no texto completo quando necessário) das dissertações e tese. Considerando nossos objetivos e referenciais de análise, elencamos os trabalhos do levantamento em três grandes perspectivas: (1) Direcionamento da Pesquisa; (2) Conceito Físico Abordado; (3) Processos de Aprendizagem. Essas perspectivas foram subdivididas em categorias de acordo às particularidades encontradas nos trabalhos.

Na perspectiva (1) Direcionamento da Pesquisa, categorizamos os trabalhos de acordo à orientação do uso da RV proposta nos estudos. Percebemos a recorrência de três tendências, que denominamos categorias: Trabalhos Teóricos, Trabalhos Técnicos e Trabalhos Aplicados. Na categoria Trabalhos Teóricos foram elencadas as pesquisas que apresentaram discussões e estudos teóricos sobre as ferramentas disponíveis de RV, aqui incluímos as investigações que analisaram e propuseram reflexões de tecnologias já existentes. Na categoria Trabalhos Técnicos listamos as pesquisas que desenvolveram tecnologias, que elaboraram/construíram algo novo, como jogos e/ou softwares em RV para o ensino de Física. Já na categoria Trabalhos Aplicados encontra-se catalogada as pesquisas que implementaram o uso da RV virtual à um público alvo em âmbito educacional (no ensino da Física). Os trabalhos foram categorizados individualmente, podendo estar listados em mais de uma categoria, como por exemplo, quando na pesquisa desenvolveu-se um trabalho técnico e posteriormente aplicou-se a um grupo de sujeitos.

Na categoria Trabalhos Teóricos obtivemos a menor ocorrência, apenas 1 artigo, o trabalho de Santos (2008) intitulado *Virtual, Real ou Surreal? A Física do Second Life*. Nele o autor apresenta o estudo do software *Second Life* de sistema RV não-imersiva e as suas relações com a física básica, visto que o desenvolvimento das leis físicas no jogo se dá a partir de programações que visam reproduzir tais fenômenos. Como resultado, Santos (2008, p. 6) concluiu que o software *Second Life* apresenta uma física surreal, indicando que os designers do jogo podem não desejar seguir as regras do mundo real, entretanto mesmo com a surrealidade da física do jogo, considera este abre possibilidades para discussões acerca de conceitos físicos do mundo real, principalmente tratando de grandezas físicas como: massa, aceleração, energia e atrito.

A categoria Trabalhos Técnicos foi a mais expressiva, com um total de 6 trabalhos (sendo 3 artigos, 2 dissertações e 1 tese). Aqui foram incluídas as pesquisas que, de alguma forma, elaboraram materiais de RV no âmbito do ensino de física. A pesquisa de Santos; Santos; Fraga (2002) foi norteadada pela escassez de softwares que auxiliam no processo de aprendizagem de conceitos referentes ao Eletromagnetismo. Os autores elaboraram um sistema de treinamento educacional combinados com as tecnologias da RV e Visualização Científica em que resultou em um protótipo experimental denominado de *Electras*. Já Silva et al (2008) descreveram um sistema computacional em RV capaz de simular um laboratório virtual que permite aos usuários construir seu conhecimento através da criação e análise de experimentos de Física no Ensino Médio. Scalco (2015) desenvolveu um laboratório virtual com interface interativa tridimensional (*Wii Remote*) análogas a videogames. Nesse ambiente o professor pode simular experimentos realizados em laboratórios reais, adicionados de modificações que possibilitem os estudantes a interagirem. Rodrigues (2019) empenhou-se na construção e validação de um sistema computacional em RV de experimentos físicos relacionados a movimentos oscilatórios, no intento de que fosse acessível e descomplicado para utilização por docentes nas aulas de Física do Ensino Médio. A tese de França (2019)

demonstrou as etapas do desenvolvimento e validação de um software educacional em RV e Aumentada denominado RVA_360 Momento Angular, voltado para a aprendizagem de física. Além disso, o autor ampliou seu trabalho desenvolvendo o software para diferentes plataformas como Óculos Rift, computador e Android. Tal estudo foi apresentado de forma breve e análoga em um artigo que está presente em nosso levantamento (FRANÇA; SILVA, 2020).

Na categoria Trabalhos Aplicados elencamos 3 dissertações, que objetivaram compreender o uso da RV aplicada no âmbito educacional a um determinado público. O estudo de Scalco (2015) além de desenvolver o laboratório virtual em RV, implementou sua ferramenta educacional de modo não-imersivo (tela-usuário) a um grupo de estudantes e docentes do curso de graduação em Engenharia. O autor utilizou de instrumental matemático com análises estatísticas, medida pelo tempo de duração para a realização de tarefas. Já Bezerra (2018) e Souza (2019) apresentaram pesquisas de aplicação com ideias convergentes, ambos, além da aplicação da ferramenta computacional, desenvolveram sequências didáticas para o seu uso. Bezerra (2018) elaborou uma sequência didática direcionada às Tecnologias de Informação e Comunicação, em especial no uso da RV imersiva mediada pelo uso de aplicativos disponibilizados para Smartphones. O autor ainda propôs a construção e o uso dos óculos Cardboard de RV pela turma do 2o ano do curso de Manutenção e Suporte a Informática. Já a pesquisa de Souza (2019) teve como objetivo desenvolver e analisar alternativas de abordagens em conteúdos trabalhados no 1o ano no Ensino Médio, a pesquisa se pautou na aplicação de uma sequência didática utilizando diferentes instrumentos, fazendo uso de simuladores não-imersivos, de vídeo 360° em óculos de RV mediado por Smartphone, de animações e de GIFs.

Tendo em vista nosso objetivo de estudo, a compreensão do uso dos conceitos físicos se faz fundamental, para isso consideramos esta como uma vertente de análise. De modo análogo a anterior, organizamos as pesquisas de acordo com os temas gerais da física. Mediante a leitura dos trabalhos encontramos uma diversidade de conceitos físicos abordados, classificando-os em 5 grandes áreas contempladas com o uso da RV, que denominamos categorias: Mecânica Clássica, Eletromagnetismo, Física Moderna, Mecânica Celestial e Óptica Geométrica.

Na Categoria Mecânica Clássica, vinculamos os trabalhos que abordaram o estudo do movimento, da energia e das forças atuantes sobre um corpo. Na Categoria Eletromagnetismo, os trabalhos que relacionaram os estudos sobre a eletricidade e o magnetismo, bem como suas relações. Na Categoria Física Moderna, agrupamos os trabalhos que abordaram as novas perspectivas da física desenvolvidas a partir do Século XX. Na Categoria Mecânica Celestial, os estudos vinculados ao ramo da astronomia e estudos dos corpos celestes. Para a Categoria Óptica Geométrica, vinculou-se os trabalhos sobre o estudo acerca de fenômenos como a reflexão, refração e a formação de imagens.

A categoria com maior representatividade foi a Categoria Mecânica Clássica, com 6 trabalhos (3 artigos, 2 dissertações e 1 tese) que tratavam da temática. Santos (2008) se atentou aos conceitos físicos abordados no software analisado, sua análise empenhou-se na compreensão de como são abordadas as grandezas físicas como: Massa, Aceleração, Energia e Atrito. Silva et al (2008) demonstrou o desenvolvimento de um sistema em RV para a simulação de um laboratório virtual em que o professor pudesse modelar de

modo a apresentarem qualquer experimento físico ou conceito inerente a Mecânica Clássica, em especial o estudo do movimento de corpos. De modo análogo, o software em RV de Scalco (2015) possibilitou ao usuário o estudo de um variado leque de experimentos físicos relacionados à Dinâmica, isto é, com enfoque sobre as causas do movimento dos corpos. Rodrigues (2019) enfatizou em seu sistema computacional o desenvolvimento de experimentos físicos pré-desenvolvidos pelo docente que englobam o estudo de movimento periódico, ou seja, movimentos oscilatórios. Já França (2019) apresentou de modo amplo na tese, e de modo sucinto em artigo (FRANÇA; SILVA, 2020) a elaboração do software RVA_360 Momento Angular. O jogo desenvolvido está direcionado para o ensino e aprendizagem de conceitos diretamente vinculados à propensão do corpo em continuar em estado de movimento circular, ou seja, momento angular.

As categorias a seguir contaram apenas com um trabalho em cada uma delas. Na Categoria Eletromagnetismo, o trabalho de Santos; Santos; Fraga (2002) demonstrou estudos pioneiros no desenvolvimento do protótipo de ferramenta computacional em RV denominado Electras, cujo objetivo era auxiliar no ensino e aprendizagem de conceitos relacionados ao Eletromagnetismo, em especial no estudo de cargas pontuais discretas e seu campo elétrico. Na Categoria Física Moderna obtivemos apenas o estudo de Souza (2019) que utilizou a RV direcionadas no ensino e aprendizagem de fenômenos relativísticos como o Efeito Penrose Terrell e Doppler Relativístico.

Por fim, o estudo de Bezerra (2018) foi a única pesquisa que abordou mais de uma área da física, apresentando conceitos inerentes à Categoria Mecânica Celestial e Categoria Óptica Geométrica. O autor nesse estudo, introduziu o estudo das lentes dos óculos de RV como instrumento óptico durante as aulas de física e posteriormente utilizou-as no uso e desenvolvimento de Cardboard voltados para o estudo e exploração de diferentes corpos celestiais dentro e fora do sistema solar.

Ainda tivemos como intuito identificar os processos de aprendizagem, buscando compreender a forma como os autores trataram o conhecimento, isto é, as formas como abordaram a física e a sua relação com a aprendizagem por meio da RV, sendo a última das vertentes de análise os Processos de Aprendizagem. A organização desse viés se deu por meio dos autores e tendências dos processos de aprendizagem, identificando como os autores abordaram tais processos no desenvolvimento de seus trabalhos. Categorizamos os trabalhos de acordo com seus principais referenciais teóricos de aprendizagem, comparando os seguintes: Piaget; Vygotsky; Ausubel; Papert; Pozo e Polya; Sweller e Miller. De antemão, vale ressaltar que identificamos a presença exclusiva de perspectivas em um viés construtivista ou que considera o sujeito como ativo e protagonista no processo de ensino e aprendizagem.

Destacamos que todos os trabalhos analisados fundamentaram os referenciais que nortearam suas escolhas no tratamento da física por meio da RV, fator fundamental quando elaboramos ou utilizamos um instrumento nos processos de ensino e aprendizagem. A categoria que tem como expoente Vygotsky (sócio-interacionista) foi a mais recorrente, 3 trabalhos fundamentaram a aprendizagem a partir desses pressupostos. Scalco (2015) demonstrou uma preocupação acerca do envolvimento proporcionado por um ambiente virtual ao estudante, embasado nos preceitos vygostkyanos apresentados em seu livro Psicologia pedagógica. Já Bezerra (2018) considerou a concepção de que o desenvolvimento do indivíduo só pode ser entendido quando é referenciado seu contexto social, histórico

e cultural em que está inserido. O trabalho de Souza (2019), embasou-se em 6 pontos da Teoria Vygotskiana, sendo eles: o papel da mediação realizada pelo professor ou pessoa mais experiente, distinção de conceitos espontâneos e conceitos científicos; imprescindibilidade da promoção de meios e instrumentos que possibilitem o estudante no entendimento de ideias e teorias; zona de conhecimento proximal vinculada entre os níveis de resolução de problemas independentemente e problemas solucionados em partilha; o desenvolvimento de concepções espontâneas para aprendizagens futura, sejam sobre o tema trabalhado ou temas relacionados a ele.

Tiveram a representatividade de apenas uma pesquisa por categoria, os seguintes teóricos: Pautado em Piaget, Santos, Santos e Fraga (2002) se fundamentaram para o desenvolvimento do sistema computacional na teoria piagetiana, considerando que o conhecimento não pode ser engendrado como algo predeterminado pelas estruturas internas do indivíduo, mas sim em decorrência de uma construção contínua de desenvolvimento. O artigo de Silva et al. (2008) embasou-se na perspectiva da aprendizagem significativa de Ausubel, em que desenvolveram seu desenho pedagógico baseado na capacidade de contextualização da RV com o cotidiano do aprendiz, com o intuito de estimular a ação intencional, a reflexão e a aprendizagem significativa. Santos (2008) analisou em seu artigo o jogo *Second Life*, fundamentando-se nos pressupostos construcionistas de Papert, onde objetivou compreender a existência de Micromundos da física em diferentes sistemas computacionais, mediados por uma sequência de aprendizagem. Por último, em sua dissertação, Rodrigues (2019) desenvolveu uma ferramenta em RV vinculadas à perspectiva de resolução de problemas apresentada por Pozo e Polya. Sua pesquisa teve como objetivo auxiliar o docente na construção de problemas que vão além de simples resolução mecanicistas, ou seja, apresentando etapas que favoreçam ao estudante uma resolução de modo eficaz e não executado de maneira mecânica e sem significado.

O artigo de França e Silva (2020) aborda os mesmos preceitos demonstrados na dissertação de França (2019). Ambos os trabalhos foram embasados na Teoria da Carga Cognitiva (TCC) de Sweller e Miller, para o desenvolvimento de um sistema em RV. Na pesquisa desenvolvida a TCC teve o objetivo de auxiliar no desenvolvimento do material didático, de modo a promover a otimização de processos cognitivos do indivíduo.

O levantamento bibliográfico implementado no âmbito desta pesquisa incluiu uma busca em periódicos da área de estudo e em bibliotecas digitais de teses e dissertações. É importante notar que ambos os locais de pesquisa hospedam uma enorme quantidade de trabalhos publicados (embora não tenhamos quantificado exatamente quantos, estima-se que estejam na casa dos milhares de estudos). É importante ressaltar que não definimos um prazo específico; em vez disso, cobrimos todo o período de publicação dos periódicos e da BDTD. Porém, apesar desse vasto material disponível, identificamos apenas nove trabalhos relacionados à RV no ensino de física.

Estes trabalhos obtidos datam a partir de 2002, com concentração mais acentuada na última década. Essa constatação aponta para a falta de pesquisas sobre o uso da RV no ensino de física, sugerindo que se trata de um campo em evolução, talvez influenciado pelo crescimento da popularidade da RV, facilitado pela disponibilidade de dispositivos como o papelão (CARDOSO; SANTOS, 2015; BARBOSA et al., 2019). Estes resultados também confirmam pesquisas anteriores como a do Porto e Rodrigues (2013) e Mishra et al (2009)

que afirmam que embora a tecnologia e a RV tenham avançado nas últimas décadas, esses desenvolvimentos não se refletiram na mesma medida na educação, particularmente no ensino de física.

A falta de trabalho na área pode ser atribuída a diversos fatores. Um deles é frequentemente o alto custo de produção ou compra de material de RV, embora esta tendência tenha diminuído na última década. Isso se torna um obstáculo significativo, especialmente em iniciativas de educação pública, como evidencia estudo de França e Silva (2020) encontrado durante levantamento bibliográfico. Neste estudo, pretendemos disponibilizar VR para óculos e smartphones Rift e Windows, ilustrando os desafios financeiros enfrentados pelas instituições públicas. Além disso, a procura de competências em programação e tecnologia é uma barreira significativa. De modo geral, a falta de sistemas computacionais imersivos está relacionada à necessidade de conhecimento profundo de linguagens de programação por parte dos pesquisadores que tentam desenvolver sistemas aplicados ao ensino de física. É importante ressaltar que muitos professores e alunos em formação carecem de conhecimentos profundos de tecnologia conforme relatado por diversos estudos (MISHRA et al; 2009; CARVALHO; GUIMARÃES, 2016; HOHENFELD; PENIDO; LAPA, 2012). Este déficit de conhecimento pode ser um fator limitante ao desenvolvimento da investigação nesta área específica.

Em resumo, a análise dos dados à luz do nosso referencial teórico destaca as possibilidades e os desafios da utilização da RV como ferramenta de apoio ao ensino e à aprendizagem. Embora a RV tenha o potencial de criar novas perspectivas e facilitar a compreensão de conceitos complexos, a falta de ferramentas imersivas que cubram tópicos além da mecânica clássica e a necessidade de competências avançadas de programação são desafios claros. Portanto, enfatizamos a importância de pesquisas bibliográficas como a nossa para apoiar o desenvolvimento de novos estudos sobre o uso da RV na educação, aproveitando a diversidade de referências que nossas pesquisas oferecem.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De um modo geral, a análise dos dados a partir de nosso referencial teórico possibilitou inferir as potencialidades do uso da RV como ferramenta auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, evidenciando a capacidade de vincular o ambiente virtual na contribuição do desenvolvimento de novos subsunçores. Tal qual seus desafios, como a carência de ferramentas computacionais, em especial as que abordam conceitos para além da Mecânica Clássica e a necessidade de conhecimento aprofundado de linguagens de programação por parte do educador. Portanto, salientamos a relevância de pesquisas de cunho bibliográfico como instrumento adjutor no desenvolvimento de novos estudos sobre a Realidade Virtual no ensino, visto a diversidade de referências que nossa pesquisa se apoiou.

REFERÊNCIAS

MEDEIROS. A; MEDEIROS. C. F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 24, no. 2, p. 77-86, jun.,

2002

PARREIRA, R. T. et al. Sistema de Ensino de Física Óptica Geométrica da Reflexão em Espelhos Usando Realidade Virtual. *Anais do WRVA*, p. 214-218, 2010.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 3, p. 259-272, 2003.

MAYER, E. R. *The Cambridge Handbook of multimedia learning*. 2 ed. New York: Cambridge University Press, 2014.

MISHRA, Punya; KOEHLER, Matthew J.; KERELUIK, Kristen. Looking back to the future of educational technology. *TechTrends*, v. 53, n. 5, p. 49, 2009

MORAN, J. M. A contribuição das tecnologias para uma educação inovadora. *Revista Contrapontos*, v. 4, n. 2, p. 347-356, 2004.

CARVALHO, L. J.; GUIMARÃES, C. R. P. Tecnologia: um recurso facilitador do ensino de Ciências e Biologia. *Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional*, v. 9, n. 1, 2016.

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

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, v. 23, 2012.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. *Estudos avançados*, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018.

FRANÇA, C. R. O Potencial da Realidade Virtual e Aumentada na Concepção de Objeto de Visualização para Aprendizagem De Física. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 240, 2019.

FRANÇA, C.; SILVA, T. 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. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect>>. Acesso em: 10 de abril de 2021

RODRIGUES, L. O. R. O uso da Realidade Virtual como auxílio à resolução de problemas de movimentos oscilatórios. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Roraima. Boa Vista, p. 132, 2019

RODRIGUES, G. P.; PORTO, C. M.. Realidade virtual: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações. *Educação*, v. 1, n. 3, p. 97-109, 2013.

RAPOSO, A. B. et al. Visão Estereoscópica, Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Colaboração. XXIII JAIJornada de Automatização em Informática, Capítulo, v. 8, 2004.

BURDEA, G.; COIFFET, P. *Virtual Reality Technology*. John Wiley & Sons, New York, NY, 1994.

ARAUJO, J. C. Uso de realidade virtual e aumentada na visualização do fluxo do campo magnético de um motor de indução monofásico. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Uberlândia. 2008.

SANTOS, J. C.; DICKMAN, A. G. Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 1, 2019.

SANTOS, A. V.; SANTOS, S. R.; FRAGA, L. M. Sistema de realidade virtual para simulação e visualização de cargas pontuais discretas e seu campo elétrico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 24, n. 2, p. 185-195, 2002.

SANTOS, R. P. *Virtual, Real ou Surreal? A Física do Second Life*. RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 6, n. 1, 2008.

SCALCO, R. Controle do cursor tridimensional via Wii Remote em ambiente de realidade virtual para o ensino de Física. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 148, 2015.

BEZERRA, J. C. A Realidade Virtual como ferramenta didática para o ensino de Astronomia e Cosmologia na educação básica. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, p. 129, 2018

SOUZA, D. S. Teoria da Relatividade Restrita: uma Sequência Didática para o ensino médio abordando os conceitos de aberração da luz, contração espacial de Lorentz, efeitos Doppler, Terrell e Penrose. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. São Mateus, p.184, 2019