

O uso da realidade aumentada no ensino de física: uma investigação no ensino superior

EDVATIO PHYSICORVM



ISSN 1870-9095

Gizele Iank Leite¹, Alessandra Dutra², Sani de Carvalho Rutz da Silva³,
Awdry Feisser Miquelin⁴

¹*Doutoranda em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Ponta Grossa, Paraná, Brasil.*

²*Professora titular da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR campus Ponta Grossa, Paraná, Brasil.*

³*Professora Titular na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Ponta Grossa, Paraná, Brasil.*

⁴*Professor Associado IV no DAENS da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Ponta Grossa e professor do PPGECT - Mestrado e Doutorado. Brasil.*

E-mail: gizele.1096@gmail.com

(Recibido el 12 de febrero de 2025, acepado el 25 de mayo de 2025)

Resumo

A inserção das tecnologias digitais tem ganhado cada vez mais espaço nos ambientes de ensino. Um dos exemplos que representa esta integração é o uso de realidade aumentada na construção de conhecimentos científicos. Com base nestas considerações, este estudo propõe apresentar resultados do uso dos aplicativos Merge Explorer e Pokémon Go no ensino de conteúdos relacionados à mecânica dos corpos, da disciplina de Física Geral Experimental I, ministrado a estudantes dos cursos de Engenharias Civil, Química e Mecânica, de uma instituição privada de ensino superior localizada no interior do Paraná-PR. Os tipos de pesquisa empregados foram bibliográfica, de campo e analítica. Os resultados mostraram que a realidade aumentada pode ser introduzida no Ensino de Física como mediadora no estudo de simulações e aprendizagem do conteúdo de movimento retilíneo, movimento circular, rotação e translação, com contribuições significativas para melhorar a aprendizagem dos estudantes e tornar o ensino mais relevante e significativo.

Keywords: Ensino de física, realidade aumentada, aprendizagem.

Abstract

The insertion of digital technologies has been gaining more and more space in teaching environments. One example that represents this integration is the use of augmented reality in the construction of scientific knowledge. Based on these considerations, this study proposes to present results of the use of the Merge Explorer and Pokémon Go applications in the teaching of content related to body mechanics, in the discipline of Experimental General Physics I, taught to students of Civil, Chemical and Mechanical Engineering courses, at a private higher education institution located in the interior of Paraná-PR. The types of research used were bibliographical, field and analytical. The results showed that augmented reality can be introduced in Physics Teaching as a mediator in the study of simulations and learning of the content of rectilinear motion, circular motion, rotation and translation, with significant contributions to improving student learning and making teaching more relevant and meaningful.

Keywords: Augmented reality, physics teaching, learning.

I. INTRODUÇÃO

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) têm apresentado diversas possibilidades e soluções para a sociedade, contribuindo em diversas áreas, por exemplo, na saúde, pela telemedicina, no vestuário, por meio da prototipagem e *design* computacional, na educação, por meio do *e-learning* ou aprendizagem eletrônica, entre outras. No que se refere ao contexto educacional, os recursos tecnológicos oferecem benefícios tanto para alunos quanto para professores, ao proporcionar acesso a recursos diversos, os quais podem transformar significativamente a

aprendizagem de conteúdos, por meio de experiências de aprendizado mais interativas e imersivas.

Em relação ao Ensino de Física, mais especificamente, uma das maneiras de aprender e ensinar que vem transformando a forma como os estudantes aprendem e interagem com os conceitos da disciplina é a Realidade Aumentada (RA). Ao possibilitar a implementação de objetos virtuais ao mundo real, esta ferramenta tem se mostrado pedagogicamente eficaz pelo fato de proporcionar a visualização de conceitos abstratos aos estudantes, oportunizando-os a simular experimentos e a explorar locais e contextos fora do alcance dos envolvidos.

Com base nisso, este estudo tem como objetivo apresentar resultados do uso dos aplicativos Merge Explorer e Pokémon Go no ensino de conteúdos relacionados à mecânica dos corpos, das disciplinas de Física Geral e Experimental I, a estudantes dos cursos de Engenharias Civil, Química e Mecânica de uma instituição privada de ensino superior localizada ao interior do Paraná-PR.

A proposta se justifica pelo fato de os estudantes apresentarem dificuldades em compreender conceitos abstratos de mecânica, como translação, movimento retilíneo uniforme e movimento uniformemente variado. Essas dificuldades são frequentemente atribuídas à falta de conexão entre os conceitos teóricos e suas aplicações práticas no cotidiano desses estudantes, o que pode resultar em um processo de aprendizagem difícil nas aulas de Física.

Para o desenvolvimento das atividades, elencamos como questão norteadora: como a realidade aumentada pode contribuir para o aprendizado de física, relacionando o cotidiano dos acadêmicos com o conteúdo de Mecânica, tornando a aprendizagem dinâmica e eficaz? Partimos da hipótese de que o emprego da realidade aumentada, por meio do Merge Explorer e Pokémon GO, no ensino de conteúdos de movimento para estudantes de engenharia, promove um aprendizado mais significativo, facilitando a compreensão e a aplicação prática dos conceitos teóricos abordados em sala de aula no cotidiano dos acadêmicos.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A realidade aumentada é uma tecnologia que sobrepõe elementos virtuais ao mundo real, criando uma combinação que alterna a experiência física com a digital. Essa tecnologia utiliza dispositivos como *smartphones*, *tablets* ou óculos especiais para exibir objetos digitais, como imagens, vídeos ou textos, no ambiente real.

Para [1], é uma tecnologia emergente que renderiza objetos virtuais bidimensionais (2D) e tridimensionais (3D) e permite que as pessoas interajam com objetos reais e virtuais ao mesmo tempo, a partir do reconhecimento e rastreamento de marcadores no ambiente real. Esses marcadores são pontos de referência que ajudam o dispositivo a identificar a posição e orientação dos objetos virtuais a serem sobrepostos. Com base nessas informações, o dispositivo de realidade aumentada exibe os objetos digitais em tempo real, permitindo que o usuário interaja com eles.

Uma das aplicações mais comuns da realidade aumentada é na indústria do entretenimento, como em Pokémon Go - jogo eletrônico de realidade aumentada voltado para *smartphones*. [2] relatam que a criação dos recursos digitais deve se diversificar cada vez mais pelo uso crescente de ferramentas que integram a mobilidade e tem sido utilizada em várias áreas, por exemplo, comércio, educação, saúde, arquitetura e muitas outras. [3], o aplicativo Pokémon Go, criado em 2016, ajudou a transformar a comunicação com os usuários e as empresas o utilizam para atrair clientes.

O aplicativo Merge Explorer tem apresentado expressivo potencial, principalmente, para a área do ensino. Esta ferramenta transforma a sala de aula em um ambiente imersivo e interativo de aprendizado. [4] descrevem o Merge Explorer como a ferramenta que permite segurar objetos virtuais 3D, possibilitando nova maneira de aprender e interagir com o mundo digital. Neste sentido, [5] destacam que o Merge Explorer permite compreender diferentes tipos de informação de forma textual e gráfica, como classificar informação de diferentes temas e desenvolver a imaginação. Com base nas informações apresentadas no quadro 1, foi possível identificar várias possibilidades de sua utilização.

Quadro I. Possibilidades de utilização da realidade aumentada.

Área	Utilização
Comércio	A realidade aumentada permite que os consumidores visualizem produtos em suas casas antes de comprá-los, através da sobreposição de imagens virtuais dos produtos no ambiente real. Isso proporciona uma experiência mais imersiva e ajuda os consumidores a tomar decisões de compra mais informadas.
Educação	A realidade aumentada tem sido utilizada para tornar o aprendizado mais interativo e envolvente. Por exemplo, é possível sobrepor modelos tridimensionais de órgãos humanos sobre livros didáticos, permitindo que os alunos explorem e estudem o corpo humano de maneira mais realista, como o uso do SketchAR.
Saúde	A realidade aumentada tem sido utilizada em procedimentos cirúrgicos, permitindo que os médicos visualizem informações vitais sobre o paciente, como pulsação e pressão arterial, enquanto realizam a cirurgia. Isso melhora a precisão e a eficiência do procedimento, reduzindo os riscos para o paciente.
Arquitetura	A realidade aumentada tem sido utilizada para permitir que os arquitetos visualizem as estruturas e os projetos em escala real no local onde serão construídos. Isso ajuda a identificar problemas e fazer ajustes antes da construção, economizando tempo e recursos.

Apesar das vantagens do uso da realidade aumentada, como a melhora no aprendizado, autonomia do estudante, rapidez para apresentar o conteúdo e aumento da criatividade, [6] apontam alguns desafios a serem superados. Um dos principais desafios é a necessidade de dispositivos específicos, como óculos especiais para proporcionar a experiência de realidade aumentada. Isso limita sua adoção em larga escala, uma vez que nem todos possuem acesso a esses dispositivos.

Apesar dos desafios, [7] afirma que a realidade aumentada tem potencial para transformar a forma do indivíduo e interagir com o mundo, tornando-o mais rico e imersivo. Com o avanço da tecnologia e a maior disponibilidade de dispositivos, é provável que ela se torne ainda mais presente

em nosso dia a dia melhorando diversos setores, como entretenimento, educação, saúde e indústria.

Embora, para empregar a realidade aumentada haja a necessidade de óculos, visores e *headsets*, conjunto formado por um fone de ouvido com controle de volume e um microfone acoplado para utilização em computadores multimídia, para atender aos diversos contextos de ensino, muitas experiências podem ser realizadas por meio de *smartphones*, *tablets* e tecnologia *web*, sem a necessidade de aplicativos específicos. O professor pode selecionar a forma de usar a realidade aumentada para ministrar conteúdos científicos da maneira mais acessível aos estudantes.

A. Utilização da realidade aumentada no ensino de física

A realidade aumentada tem potencial para agregar vantagens no ensino de conteúdos científicos da disciplina de física transformando a maneira como os conceitos são apresentados e compreendidos, pelo fato de combinar elementos virtuais com os do mundo real, sobrepor informações digitais ao ambiente físico, através do uso de dispositivos como *smartphones*, *tablets* e óculos especiais.

[8] afirma que, com o uso de aplicativos específicos, os estudantes podem visualizar objetos em três dimensões, simular experimentos e interagir com modelos virtuais, de maneira que antes era impossível. Isso proporciona uma compreensão mais profunda dos conceitos desta disciplina, já que permite que os alunos explorem e visualizem fenômenos físicos de maneira mais real.

De acordo com a aplicação de [9], a realidade aumentada pode ser utilizada para simular experimentos de física em dispositivos móveis. Em vez de realizar experimentos que ocasionam risco aos estudantes, o uso de aplicativos ou dispositivos de realidade aumentada para visualização dos experimentos podem ser realizados e os resultados observados em tempo real. Por exemplo, um aplicativo de realidade aumentada pode permitir que os alunos simulem a queda dos corpos e vejam como a velocidade e a aceleração mudam durante o processo.

Segundo [10], esta tecnologia também pode ser utilizada no trabalho de eletromagnetismo e apresenta contribuição para a visualização dos campos de força e linhas de campo magnético. Esses conceitos abstratos podem ser difíceis de entender apenas pela descrição em um livro didático. No entanto, com a realidade aumentada, os alunos podem visualmente entender como os campos de força interagem com objetos e como as linhas se curvam. Isso torna os conceitos mais concretos e tangíveis, facilitando o processo de aprendizagem dos estudantes.

Outra aplicação da realidade aumentada no Ensino de Física é na criação de modelos tridimensionais interativos. [11] afirma que os alunos podem explorar e manipular modelos virtuais de moléculas, estruturas cristalinas ou até mesmo de sistemas solares completos. Isso permite que eles visualizem conceitos abstratos e compreendam melhor as relações espaciais entre os objetos.

Portanto, o uso desta tecnologia é viável e pode ser utilizada com a intenção de criar experiências imersivas, que são possíveis interagir com ambientes virtuais e simulações de fenômenos físicos. Por exemplo, os estudantes podem explorar uma simulação de um campo gravitacional ou de um

sistema dinâmico caótico e observar as mudanças de comportamento à medida que manipulam variáveis. Isso proporciona que os estudantes compreendam de forma mais concreta os conteúdos de movimento, eletromagnetismo, entre outros abordados na disciplina de física.

Além de propiciar condições de aprender conteúdos científicos, a realidade aumentada pode ser empregada como ferramenta de avaliação. Ela permite que os professores apliquem estratégias diversas, como a criação de atividades interativas. Nessas atividades, os estudantes podem visualizar, manipular e explicar fenômenos físicos, além de simular experimentos e resolver problemas em ambientes virtuais, principalmente em modelos de fenomenológicos e práticos que não seriam acessíveis em sua realidade imediata.

Também, os estudantes podem utilizar um dispositivo para visualizar a situação em questão e fornecer respostas mais precisas e fundamentadas de acordo com o conhecimento teórico adquirido por eles, como relatado por [12]. Os autores [13] afirmam que a RA pode ser utilizada também como uma forma de comunicação entre professores e estudantes para demonstrações de conteúdos até mesmo em ambientes virtuais. Isso possibilita que professores criem tutoriais sobre conteúdos específicos e todos que acessarem possam visualizar esses tutoriais em seus dispositivos, em seu próprio ritmo e no momento que acharem conveniente.

No quadro 2 são apresentados trabalhos já desenvolvidos na disciplina de física, os quais abordam vários exemplos de utilização da RA para o ensino de diferentes conteúdos. Os 23 estudos sobre o uso da RA para o ensino de física foram selecionados no Google Acadêmico, Scielo e Scopus, a partir das palavras chaves realidade aumentada, ensino e física, no período de 2011 a 2023.

Este recorte temporal deve-se à relevância dos trabalhos encontrados, considerando as experiências do ensino de física com a utilização da realidade aumentada e a aplicabilidade das propostas em sala de aula.

Quadro II. Propostas de ensino de conteúdos da disciplina de física por meio da RA.

N	Disciplina	Conteúdo	Autores
1	Física	Contexto geral da física para o ensino superior	Neto <i>et al.</i> (2024)
2	Física	Gravitação universal	Chaves (2023)
3	Física	Circuitos elétricos	Coelho <i>et al.</i> (2023)
4	Física	Mecânica	Alves (2023)
5	Física	Robótica	Viana e Ribeiro (2021)
6	Física	Relatividade	Dornel <i>et al.</i> (2021)
7	Física	Modelos atômicos	Feitosa (2020)
8	Física	Física Moderna	Costa <i>et al.</i> (2020)
9	Física	Espectrometria dos gases	Herpich <i>et al.</i> (2020)
10	Física	Eletromagnetismo	Barbosa (2020)

11	Física	Elétrica	Nicolete <i>et al.</i> (2019)
12	Física	Teoria das ações mentais	Perrone (2018)
13	Física	Visualização espacial	Herpich (2018)
14	Física	Astronomia	Costa (2017)
15	Física	Software Layer	Denardin e Manzano (2017)
16	Física	Flutuabilidade – ensino na pós-graduação	Oliveira e Manzano (2016)
17	Física	Sistema solar	Abreu e Souza (2015)
18	Física	Campo magnético	Ribeiro <i>et al.</i> (2014)
19	Física	Energia elétrica	Barcelos <i>et al.</i> (2013)
20	Física	Movimento ondulatório	Gomes <i>et al.</i> (2013)
21	Física	Movimento	Silva <i>et al.</i> (2012)
22	Física	Eletromagnetismo	Souza e Kirner (2011)
23	Física	Óptica	Ávila <i>et al.</i> (s/d)

Dos trabalhos elencados no quadro 2, seis (6) buscam ensinar conteúdos de mecânica, dentre eles, o de [14], ao explorar o uso da RA no ensino de Gravitação Universal, facilitando a compreensão de forças gravitacionais e órbitas planetárias por meio de modelos 3D e o de [15], o qual teve como foco simulações de movimento e forças, tornando o aprendizado mais dinâmico.

[16] aplicaram RA no ensino de Robótica permitindo a visualização de robôs em ambientes virtuais. [17] estudaram o Sistema Solar com RA, mostrando órbitas e gravidade. [18] utilizaram a RA no ensino de Movimento Ondulatório e [19] exploraram conceitos gerais de Movimento com simulações de trajetórias e acelerações.

Dos estudos elencados, seis (6) descrevem aplicações da RA em conteúdos de eletromagnetismo, abordando práticas já realizadas em níveis de ensino médio e superior. A investigação de [20] aplicaram a RA no ensino de Circuitos Elétricos, facilitando a visualização de corrente, tensão e resistência. [21] usa RA no Eletromagnetismo para visualizar campos magnéticos em 3D. O estudo de [22] teve foco na manipulação de circuitos elétricos com RA, enquanto [23] explorou o ensino de Campo Magnético. [24] aplicaram RA em conceitos de Energia Elétrica; [10] utilizaram a RA para visualizar campos magnéticos e elétricos.

Em relação à Física Moderna, três (3) estudos mostraram experiências possíveis. [25] usaram RA para facilitar a visualização de conceitos da relatividade, como dilatação temporal. [26] aplicou a RA no ensino de Modelos Atômicos, permitindo visualizar estruturas em 3D. [27] explorou RA em Física Moderna, simulando fenômenos quânticos e relativísticos.

[28] investigou como a RA pode ajudar na formação de conceitos abstratos em Física. Apenas dois (2) trabalhos apontaram relações sobre a teoria dos gases e dois utilizam a RA no ensino de astronomia. [8] utilizou a RA no ensino de

Espectrometria dos Gases, facilitando a interação com espectrômetros virtuais. [29] aplicaram RA para simular fluidez, ajudando na compreensão de empuxo e hidrostática.

Em astronomia, [30] explorou o uso da RA para aprimorar a Visualização Espacial dos estudantes, essencial na compreensão de conceitos tridimensionais em Física, como vetores e forças. A RA facilitou a interpretação da geometria espacial e a manipulação de objetos em 3D. [27] aplicou a RA no ensino de Astronomia, permitindo que os alunos interagissem com simulações de planetas e estrelas, facilitando a compreensão de órbitas, fases da lua e rotação dos corpos celestes em um ambiente imersivo.

[31] examinaram como a RA pode ser amplamente utilizada no ensino superior de Física, auxiliando na visualização de conceitos abstratos e em simulações de fenômenos físicos. O estudo destacou a capacidade da RA de tornar o aprendizado mais acessível e concreto em aulas de Física Geral. [32] exploraram a aplicação da RA no desenvolvimento de camadas virtuais de *software*, facilitando a visualização de fenômenos complexos como ondas eletromagnéticas e interações de partículas. [33] aplicaram a RA no ensino de Óptica, permitindo a visualização interativa de fenômenos como propagação da luz, refração e reflexão.

Os estudos apresentados demonstraram a versatilidade e o impacto da realidade aumentada no ensino de Física, abrangendo ampla gama de tópicos, desde conceitos fundamentais, como gravitação e mecânica, até áreas mais complexas, como relatividade e espectrometria de gases. Na perspectiva dos trabalhos apresentados, vindo ao encontro de [34], os sistemas de realidade aumentada devem registrar as imagens com precisão de forma a levar o usuário a crer que os mundos real e virtual ocupam o mesmo espaço.

Outro benefício do uso da realidade aumentada no Ensino de Física é a possibilidade de os estudantes explorarem projetos e protótipos virtuais antes mesmo de eles serem construídos. Com a sobreposição de elementos virtuais ao ambiente físico, é possível visualizar o comportamento de uma determinada estrutura em diferentes condições, facilitando a tomada de decisões e agilizando o desenvolvimento de projetos.

Apenas um estudo investigou a inserção de ferramentas de RA para o ensino de física na graduação, ao demonstrar em um contexto geral como a realidade aumentada pode ser utilizada para promover uma compreensão mais profunda de conceitos como movimento, forças e energia, por meio de simulações interativas que aproximaram a teoria de situações cotidianas, facilitando a visualização e a aplicação prática dos fenômenos físicos. No entanto, para empregar a RA para ensinar conteúdos científicos, é importante o desenvolvimento de aplicativos interativos de qualidade.

Dessa forma, é possível investir em capacitação dos professores para que eles possam utilizar a tecnologia no processo de ensino-aprendizagem e, também, em infraestrutura, garantindo que os estudantes tenham acesso aos dispositivos necessários para utilizar esta ferramenta. Os artigos citados no quadro 2, mostraram que se usada adequadamente, essa tecnologia proporciona experiência imersiva, facilita a compreensão dos conceitos, possibilita a realização de experimentos virtuais e agiliza o desenvolvimento de projetos.

III. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada para a realização desta investigação foi a de intervenção, que de acordo com [35], tem como finalidade contribuir para a solução de problemas práticos. A pesquisa, considerada de campo, foi aplicada a 26 estudantes do 1º ano de três cursos de engenharia (Mecânica, Química e Civil), de uma IES particular.

Primeiramente, foi analisada a Proposta Pedagógica Curricular (PPC) e os Planos de Ensino Aprendizagem (PEA) dos cursos de Engenharia Química, Civil e Mecânica, referentes aos anos de 2022, 2021 e 2020. A análise dos documentos possibilitou identificar que há lacunas, como a dificuldade de explorar relações específicas sobre Mecânica de cada área da Engenharia (química, civil e mecânica) com a futura prática profissional dos estudantes.

No contexto da pesquisa, os materiais disponíveis para as práticas de laboratório das disciplinas de Física Geral Experimental I são limitados ou insuficientes, o que pode impedir os alunos de terem acesso a uma variedade maior de experiências práticas. Essa limitação envolve a falta de equipamentos e recursos adequados para realizar experimentos mais diversificados ou aprofundados, afetando o aprendizado dos alunos. Assim, vimos a possibilidade das ferramentas Pokémon Go e Merge Explorer como alternativas para compensar essa falta e contribuir com o ensino dos conteúdos de Física, como os de mecânica.

A atividade abordou os conteúdos: dinâmica do movimento, dinâmica de rotação e dinâmica de translação, os quais foram aplicados em 9 encontros. O Quadro 3 apresenta a teoria referente a esses conceitos e como a RA foi utilizada para aplicar esses conteúdos na prática. Essa aplicação permitiu desenvolver as relações de movimento abordadas na disciplina de Física Geral e Experimental I, conectando teoria e prática de forma interativa e visual.

Quadro III. Relações entre teoria e prática na utilização da RA para desenvolvimento das relações de movimento na disciplina de Física Geral e Experimental I.

		calcular sua velocidade média.
Dinâmica de rotação	Momento angular, equilíbrio	Observando a rotação de objetos virtuais, os alunos podem perceber como a velocidade angular e o raio de giro influenciam o momento angular; manipulando objetos em rotação rápida, os alunos podem observar a resistência à mudança de direção de rotação; também é possível perceber como a posição do centro de massa influencia a estabilidade do sistema.
Dinâmica de translação	O sistema solar, as órbitas dos planetas e as fases da lua	Manipulando os modelos dos planetas, os estudantes podem analisar suas órbitas elípticas e compreender como a distância entre os planetas varia ao longo do ano; observando a relação entre as fases da Lua e as marés, podem compreender como a gravidade lunar influencia os oceanos; simulando a posição da Lua em relação à Terra e ao Sol, podem compreender como a luz solar incide sobre a superfície lunar, causando as diferentes fases.

Conteúdo	Elementos da física	Relações com os aplicativos
Dinâmica do movimento retilíneo e do movimento circular	Distância, velocidade, aceleração e trajetória	Utilizando o GPS do <i>smartphone</i> , os alunos podem determinar a distância entre sua localização inicial e o ponto de encontro com o Pokémon; ao capturar Pokémons em diferentes países, podem se familiarizar com diferentes unidades de medida de distância, como metros, quilômetros e milhas; Através do tempo gasto para capturar o Pokémon e da distância percorrida, os estudantes podem

No quadro 3, são apresentados os conteúdos explorados a partir do movimento, por exemplo: distância, velocidade, aceleração, trajetória, momento angular, equilíbrio e sistema solar como translação, ou seja, não somente conceitos teóricos, como conceitos físicos - velocidade, aceleração e equilíbrio, aplicando-os a diferentes cenários práticos.

Para a realização das atividades práticas e produção dos relatórios, os 26 estudantes, matriculados nos cursos de Engenharia Civil, Química e Mecânica foram divididos em 6 grupos, com 4 a 5 integrantes cada. No entanto, apenas 19 estudantes participaram de todos os encontros. Para a apresentação e análise dos dados, os grupos foram denominados como G1, G2, G3, G4, G5 e G6.

Nos três primeiros encontros, foram introduzidos os conceitos de movimento retilíneo uniforme, movimento circular, translação e rotação. Esses encontros foram ministrados de maneira expositiva, utilizando apresentações em *slides*, discussões teóricas e fórmulas matemáticas de cada elemento trabalhado. Os conteúdos foram explorados com o

apoio de exemplos e exercícios matemáticos, reforçando a teoria por meio de problemas contextualizados.

A partir do quarto encontro foram apresentados aos estudantes os dois aplicativos - Merge Explorer e Pokémon Go - e propostas diferentes atividades a serem realizadas em grupo. A primeira atividade foi a simulação do movimento retilíneo uniforme no Merge Explores, com o objetivo de os estudantes visualizarem o movimento retilíneo uniforme (MRU), identificando a relação entre velocidade, tempo e distância. Para isso, os estudantes foram orientados a acessar uma simulação de um objeto movendo-se em linha reta a uma velocidade constante.

Em seguida, foram orientados a realizar as medições do deslocamento, associado ao intervalo de tempo pré-definido por cada equipe. Durante a atividade, eles puderam ajustar a velocidade do objeto e observar como isso afeta o tempo necessário para cobrir distâncias maiores ou menores.

No quinto encontro foi explorado o movimento circular, utilizando o aplicativo Merger Explorer, com o objetivo de compreender as relações entre velocidade angular, raio, tempo e deslocamento. Nesta atividade, os estudantes utilizaram o Merge Explorer para simular um objeto movendo-se em um círculo. A orientação era que poderiam variar o raio da trajetória e a velocidade angular do objeto.

Ao interagir com a simulação, foi possível observar como a alteração do raio ou da velocidade angular modifica o tempo que o objeto leva para completar uma volta. Assim, foram realizados cálculos de medição do tempo necessário para que o objeto completasse uma volta em diferentes raios, discutindo como esse conceito se aplica em situações reais, como o movimento de planetas em torno do Sol ou em dispositivos mecânicos como polias.

No sexto encontro, como atividade extracurricular, os estudantes foram incentivados a aplicar os conceitos aprendidos em sala de aula para facilitar a internalização do conhecimento empregando o uso das ferramentas de RA. Como atividades para aplicação do conteúdo, eles deveriam produzir situações – problemas identificando os elementos do movimento e também apresentando cálculos que embasaram a teoria.

No sétimo encontro, os estudantes utilizaram o aplicativo Pokémon GO para explorar os conceitos de translação e rotação, integrando-os com a realidade aumentada. A atividade consistiu em capturar Pokémon em diferentes locais da instituição, permitindo que os alunos observassem como os avatares no jogo se movimentam ao longo de uma trajetória de translação. Essa dinâmica facilitou a compreensão do movimento no ambiente virtual, conectando os conceitos de física com a experiência prática proporcionada pela RA. Eles puderam notar como a rotação do corpo afeta a orientação do avatar no mapa do jogo.

Durante a atividade, foi solicitado que os estudantes caminhassem em linha reta por um determinado tempo e depois executassem rotações em torno de si mesmos, observando a relação entre o movimento no mundo real e a mudança de posição no ambiente virtual. Através disso, eles deveriam registrar a distância percorrida pelo avatar e o tempo gasto, calculando a velocidade média de translação e comparando esses movimentos com as relações reais, como o movimento de carros, bicicletas e o movimento do sistema solar.

Para finalizar o conteúdo, nos dois últimos encontros os estudantes produziram relatórios detalhados sobre as atividades realizadas sobre a utilização da RA e sua contribuição para a compreensão dos conceitos físicos.

IV. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Nesta seção, serão apresentados e discutidos os resultados da utilização do Pokémon Go e Merge Explorer no ensino de movimento retilíneo uniforme, movimento circular, rotação e translação. Primeiro, serão abordados os três encontros em que os conteúdos teóricos foram trabalhados de forma geral. Em seguida, será realizada análise individual de cada encontro com as atividades práticas.

Nos três primeiros encontros, pôde-se notar que os estudantes já conheciam os conceitos sobre movimento retilíneo uniforme, movimento circular, rotação e translação. Possivelmente, o conhecimento foi adquirido nas aulas de Física do Ensino Médio ou em cursos técnicos, cuja matriz também preconiza a física mecânica. Embora as aulas expositivas tenham possibilitado revisar conceitos, o fato de os estudantes já conhecerem o conteúdo pode ter gerado sensação de redundância. Isso pode resultar em uma percepção de que essas aulas não trouxeram novos desafios ou aprendizagens significativas.

No quarto encontro, foi realizada a primeira atividade utilizando a RA, portanto, os estudantes foram expostos à simulação do movimento retilíneo uniforme (MRU), para que pudessem visualizar a relação entre velocidade, tempo e distância, de forma prática. A possibilidade de interagir com a simulação, ajustando a velocidade do objeto e observando como essa variação afeta o tempo necessário para percorrer determinadas distâncias, ofereceu compreensão mais concreta e intuitiva desses conceitos. Os 26 estudantes puderam visualizar como a velocidade constante influencia diretamente o tempo para percorrer uma distância fixa e como a relação entre essas variáveis pode ser representada de forma matemática, reforçando a fórmula do MRU por meio de uma experiência prática e interativa.

Ao interagir com os estudantes, foi possível notar a curiosidade e o engajamento deles, assim como as dúvidas levantadas. As discussões em grupo também mostraram que eles estavam realizando conexões entre a teoria e a prática, embora o G3 tenha precisado de um suporte extra para consolidar esse entendimento. Isso ocorreu por diversos fatores: uma interpretação inicial menos clara, dúvidas sobre como aplicar os conceitos no contexto das atividades ou até falta de confiança no entendimento dos conteúdos de movimento que foram abordados.

Um dos principais benefícios da aplicação dessa atividade foi a visualização em tempo real das equações de movimento. Em sala de aula, ao invés de trabalhar apenas com equações abstratas no quadro de giz, os 26 estudantes puderam visualizar impacto direto das variáveis, realizando medições apuradas de deslocamento e tempo. Por exemplo, ao ajustar a velocidade de um objeto em uma simulação de movimento retilíneo uniformemente variado, os estudantes dos grupos G1, G3 e G4 observaram que, ao dobrar a aceleração de 6 m/s^2 para 12 m/s^2 , o tempo necessário para percorrer uma

determinada distância diminuiu significativamente. Além disso, os grupos G2, G5 e G6 puderam realizar medições precisas do deslocamento e do tempo, verificando diretamente como essas variáveis se relacionam pela equação, visualizando o trajeto do objeto e os efeitos da aceleração em tempo real.

Essa experiência prática não só consolidou o aprendizado dos conceitos de movimento pelos estudantes, mas também promoveu o desenvolvimento de habilidades analíticas e colaborativas. Isso ocorreu porque cada equipe foi incentivada a estabelecer intervalos de tempo e deslocamentos pré-definidos, o que exigiu que os alunos aplicassem o pensamento crítico para prever e medir os resultados. Cada grupo foi responsável por realizar medições e registrar dados, o que garantiu que todos participassem do processo de aprendizagem. Eles precisaram interpretar os dados gerados pelas simulações, comparar os valores observados com as previsões teóricas e discutir as possíveis causas de diferenças entre os resultados.

Habilidades como resolução de problemas, análise de dados, pensamento crítico e comunicação científica foram desenvolvidas, uma vez que os estudantes tiveram que refletir sobre os resultados, formular hipóteses e colaborar para ajustar as variáveis de maneira a alcançar resultados consistentes com as leis do movimento. As apresentações dos resultados feitas por cada grupo no final do encontro mostraram que todos conseguiram interpretar os dados, identificar tendências e discutir as discrepâncias entre os resultados práticos e as previsões teóricas.

O quinto encontro trouxe uma experiência focada no movimento circular, nesta atividade apenas 19 estudantes estavam presentes. A simulação, que permitiu com que eles manipulassem variáveis como o raio e a velocidade angular, foi essencial para a compreensão das relações entre esses parâmetros e o tempo necessário para completar uma volta. Ao variar o raio e a velocidade angular, os estudantes dos grupos G1, G2, G3, G4, G5 e G6 puderam observar e calcular como essas mudanças impactam o tempo de deslocamento, uma conexão direta com o conceito de movimento circular uniforme.

Também, foi exemplificado através de simulação pelo Merge Explorer, o movimento dos planetas no sistema solar, viabilizando o entendimento dos cálculos de rotação e translação através da visualização do movimento pela RA. Como colocado por [36], “a utilização da RA favorece inovar e integrar recursos tecnológicos com os objetos de conhecimentos dos diversos componentes curriculares, promovendo a conexão com conhecimentos de forma mais lúdica e dinâmica”.

Na pesquisa de [37], o autor destacou que o Merge Explorer não apenas expande os recursos disponíveis em laboratório, mas também estimula a criatividade dos alunos. Em nossa aplicação dessa atividade com estudantes de engenharia, pudemos observar vantagens pedagógicas claras, especialmente durante o quarto e o quinto encontros, onde o uso do Merge Explorer promoveu um aprendizado ativo. Nesses encontros, os estudantes, particularmente dos grupos G3, G4, G5 e G6, deixaram de ser meros receptores passivos e tornaram-se agentes no processo de construção do conhecimento. Esse efeito foi evidenciado em uma das atividades, na qual o grupo G5 sugeriu que, ao dobrar a

velocidade de um objeto, o tempo necessário para percorrer uma distância fixa seria reduzido pela metade. Com o uso da RA, todos os estudantes puderam testar hipóteses, por exemplo, como a variação da velocidade afetaria o tempo em um movimento retilíneo uniforme e observar resultados de maneira imediata, o que lhes permitiu uma compreensão mais clara das relações entre os conceitos físicos.

No sexto encontro, a atividade foi baseada na utilização do Pokémon GO para analisar relações do movimento circular, onde os integrantes dos grupos tinham que caçar Pokémons em suas proximidades, realizando movimentos circulares para conseguir capturá-los. Nesta atividade, estavam presentes 19 estudantes, inicialmente eles escolheram um ponto fixo como uma PokéStop e mantiveram uma distância constante deste ponto enquanto caminhavam ao seu redor. Por ser a primeira atividade com a utilização do aplicativo, 2 estudantes do G1, que ainda não conheciam o Pokémon GO, sentiram dificuldade na familiarização do manuseio da RA.

Durante a atividade proposta neste encontro foi destacado pelos grupos G2, G3 e G6 as principais variáveis encontradas, como velocidade angular, período e frequência, mostrando onde esses pontos são encontrados na vida real. Com os dados da atividade prática, todos os integrantes dos grupos citados acima registraram o tempo necessário para cada volta, a distância percorrida e número de voltas. Em seguida, com esses resultados, calcularam a velocidade angular e a frequência do movimento. Durante esta atividade não foi encontrado nenhum tipo de dificuldade.

Os grupos G1, G4 e G5 apresentaram dificuldades na assimilação da atividade prática com a teoria trabalhada inicialmente em sala de aula. Porém, durante as discussões em grupo, foi possível identificar que, mesmo enfrentando esses desafios, os alunos mostraram um esforço significativo para compreender as relações entre as variáveis. Algumas estratégias, como a troca de conhecimento e a integração entre os demais grupos, ajudaram a esclarecer o conceito de rotação, os cálculos presentes e a prática aplicada na atividade.

No sétimo encontro, também com o aplicativo Pokémon Go, todos os estudantes dos 6 grupos escolheram um ponto fixo em um local aberto da IES como ponto de referência e descreveram um movimento de rotação em torno deste ponto fixo. Enquanto faziam isso, puderam observar o ponto de referência girando para liberar itens, por exemplo.

Após analisarem este tipo de movimento, os estudantes se deslocaram para outro ponto de preferência observando durante o percurso como o jogo acompanhava sua posição no mapa e associaram com o movimento da Terra. Para atrelar o conhecimento teórico com a prática, foi calculado o tempo necessário para a volta completa ao redor do eixo, a distância percorrida, o tempo total do deslocamento e a velocidade média do movimento de translação.

As práticas possibilitadas com o aplicativo Pokémon Go favoreceram a aprendizagem dos estudantes, uma vez que realizar cálculos, escrever relatórios com a resolução de problemas que eles mesmos estabeleceram exigem dedicação, planejamento e disciplina, o que torna o estudante ativo no seu processo de aprendizagem. Corroborando com [38] “todas as ações na interação com um *game* exigem um esforço cognitivo para definir estratégias para uma evolução mais rápida dentro do jogo”.

A figura 1 mostra as figuras capturadas durante a prática do grupo 3, para exemplificar as atividades realizadas através dos dois aplicativos.



FIGURA I. Capturas de tela do aplicativo Pokémon Go realizado pelos acadêmicos durante a prática de análise do movimento pela RA.



FIGURA II. Capturas de tela do aplicativo Merge Explorer.

As figuras 1 e 2 mostram que é possível perceber a relação de alguns elementos, como rotação, translação e movimento retilíneo associados ao mapa e avatares do Pokémon Go, que contribuíram para a contextualização visual dos conceitos teóricos e matemáticos abordados no conteúdo de movimento retilíneo uniforme, movimento circular, rotação e translação.

A figura 1 mostra o aplicativo Pokémon Go em uso em duas situações diferentes, um durante a noite quando foi utilizado na instituição de ensino e a associação realizada por um dos estudantes durante o dia fora da instituição. A imagem mostra que foi possível exemplificar os conceitos de distância, velocidade, aceleração e trajetória, de acordo com o colocado no quadro 2.

A figura 2 mostra a utilização do aplicativo Merge Explorer, que possibilitou a visualização dos elementos específicos dos conteúdos de rotação e translação como o momento angular, equilíbrio, rotação de diferentes planetas, o comportamento do movimento do sistema solar, as órbitas dos

planetas e as fases da lua. Um dos pontos relevantes da aplicação dessas ferramentas de RA foi o desempenho dos estudantes nas relações práticas para aumentar a compreensão dos conceitos abordados pela docente em sala de aula. Vindo ao encontro de [39], quando a autora coloca sobre a utilização da tecnologia em sala de aula, afirmando que

Com um potencial inovador educativo, permitem explorar as características únicas da tecnologia promovendo novos processos de aprendizagem, como exemplo: pesquisas sobre um tema, num repositório ou biblioteca virtual em sala de aula; visualização de realidade virtual ou 3D; comunicar com pessoas que estão noutro ponto geográfico; simuladores com os mais variados propósitos, que permitem experiências, interação e sensações que através dos meios tradicionais não seriam possíveis. ([39], 2013, p.3).

Isso se deve ao fato da visualização de maneira mais clara dos fenômenos abstratos, facilitando a compreensão dos conteúdos. No entanto, foi observado que nem todos os estudantes tiveram a mesma facilidade. Dos 26 participantes, 6 enfrentaram dificuldades ao relacionar as simulações com os conceitos teóricos necessitando de explicações mais detalhadas sobre o conteúdo teórico e o manuseio dos aplicativos.

A Análise das informações dos relatórios produzidos pelos estudantes

Nos oitavo e nono encontros os estudantes produziram em grupos relatórios a fim de identificar a contribuição do uso de RA no aprendizado e na aproximação da teoria física de situações práticas do cotidiano. Dos 26 participantes, os 19 que participaram de todos os encontros relataram melhora significativa na compreensão dos conceitos que envolvem o conteúdo de movimento. Essa percepção é possibilitada pelos resultados da observação, anotações do diário de campo e relatórios.

O quadro 4 mostra que os estudantes tiveram compreensão maior do conteúdo, por meio do uso da realidade aumentada, em comparação com atividades anteriores propostas por meio de cálculos, listas de exercícios e exposição por vídeos.

Quadro IV. Excertos das considerações dos estudantes descritos nos relatórios que foram produzidos e entregues pelos 6 grupos da turma.

Grupo	
1	O aplicativo Merge Explorer foi uma boa ferramenta para as relações do ensino sobre translação que apresenta conteúdos do Sistema Solar, órbitas planetárias e fases da Lua mais dinâmico, interativo e envolvente. Através da visualização 3D, com simulação de diferentes cenários foi possível explorar conceitos abstratos de forma mais significativa para nós.
2	O uso do Pokémon GO utilizado como um complemento ao ensino comum possibilitou entender de forma divertida e interativa as relações de movimento retilíneo uniforme, movimento uniformemente variado e também abriu novas possibilidades para nossa aprendizagem. Mesmo na graduação foi importante quebrar o modelo de aula

	tradicional e explorar novas ferramentas para nossa compreensão.
3	O uso do Pokémon GO e o Merge Explorer foram ferramentas interessantes para o ensino de Física Geral e Experimental I na Engenharia, juntos a teoria com a prática e conseguimos compreender de um jeito mais fácil até mesmo os cálculos do MRU e MUV. Também foi possível simular o movimento de rotação da terra que se tornou um momento interativo.
4	O Pokémon GO e o Merge Explorer tornaram os conteúdos mais divertidos e atrativos. Foi possível ver na prática os conceitos físicos que estamos aprendendo.
5	Durante as aulas e o uso dos aplicativos com a aplicação de conceitos físicos em cenários reais, como a captura de Pokémons na instituição ou a simulação de experimentos com o Merge Explorer, torna o aprendizado mais relevante para a prática da Engenharia.
6	O ensino tradicional de Física Geral e Experimental I na Engenharia muitas vezes se concentra em conceitos abstratos e teóricos, sem uma conexão clara com a prática. O uso do Pokémon GO e Merge Explore proporcionou uma experiência de aprendizado mais interessante, apresentando na prática os conteúdos estudados. Quando fomos para a sala ficou muito mais fácil de entender a explicação teórica.

Além disso, os estudantes demonstraram suas compreensões ao aplicarem os conceitos aprendidos em situações-problema, propostas durante as atividades práticas e ao explicar os fenômenos observados. Por exemplo, em uma das atividades, foi solicitado que os alunos calculassem o tempo necessário para um objeto se deslocar variando a velocidade inicial. Outra situação-problema envolveu a previsão da trajetória circular, onde cada grupo deveria ajustar os ângulos e a velocidade inicial.

Nessas atividades, foram utilizados os conceitos de velocidade, aceleração e movimento retilíneo uniformemente variado para realizar os cálculos e compará-los com os resultados simulados pela RA, o que lhes permitiu não só resolver os problemas, também explicar os fenômenos observados de maneira clara e fundamentada. De acordo com [15], “a RA não substitui completamente a visão do mundo real, mas adiciona informações digitais em tempo real à visão do usuário [...] isso permite que os usuários vejam o mundo real, mas também interajam com elementos virtuais integrados a ele”.

[40] relatam que movimento é quantificado por grandezas como deslocamento, velocidade e aceleração, e é classificado em diferentes tipos, como movimento retilíneo, circular, e movimento sob a ação de forças variáveis. A associação com estas teorias pode ser observada nos experimentos realizados pelos estudantes, onde eles aplicaram essas noções, como deslocamento, velocidade e aceleração para analisar fenômenos físicos em diferentes contextos.

As reflexões dos estudantes apresentados no Quadro 4 evidenciam a assimilação teórica de todos os conceitos ensinados, dentro do conteúdo de movimento, destacando a capacidade de conectar conceitos abstratos dos livros com situações práticas e reais. Considerando as descrições retratadas nos excertos dos seis grupos, evidencia-se que a inserção dos aplicativos Merge Explorer e Pokémon GO no

ensino de física oferece múltiplos benefícios, como o dinamismo, ao permitir que os estudantes interagissem diretamente com os conceitos por meio de simulações em tempo real, como o ajuste de velocidade, tempo e aceleração em diferentes cenários de movimento.

A interação ao permitir que eles testassem hipóteses, manipulassem os parâmetros das simulações e observassem os resultados imediatos, facilitando a visualização e a compreensão dos conceitos abstratos. Além disso, a aprendizagem é reforçada ao conectar as simulações virtuais com situações cotidianas, tornando o conteúdo relevante para os estudantes. As simulações proporcionaram momentos de interação entre os membros das equipes e aproximaram os experimentos aplicados em laboratórios na realidade, trazendo relevância para os futuros engenheiros na aplicação da RA em cenários atuais.

[31] destacam que

a RA destaca-se como uma poderosa aliada para tornar o ensino de física mais atrativo, concreto, eficaz e alinhado com as necessidades e expectativas dos estudantes à medida que os ajudam a compreender melhor os conceitos, que até então são estudados de forma abstrata, idealizada e ineficaz. A contínua evolução e integração da tecnologia no ambiente educacional pode abrir novas perspectivas para o aprimoramento da aprendizagem, preparando os alunos para desafios futuros. ([31], 2024, p.482).

A ideia exposta por [31] pode ser comprovada pelo excerto do grupo 4, apresentado no quadro 3. Por exemplo, os relatos dos grupos 1 e 2 demonstram como a integração de diferentes ferramentas educacionais pode transformar conceitos teóricos em experiências práticas e interativas. Além disso, a menção do grupo 2 à importância de avançar, além do modelo de aula tradicional na graduação destaca a relevância de explorar novas metodologias que possam se adaptar melhor às necessidades e expectativas dos estudantes na atualidade.

Já os excertos apresentados pelos grupos 3 e 6 reforçam a importância de integrar tecnologias que permitam a vivência prática dos conceitos da física antes de enfrentarem as explicações teóricas mais abstratas. A menção de que essas ferramentas facilitaram até mesmo a compreensão dos cálculos de MRU (Movimento Retilíneo Uniforme) e MUV (Movimento Uniformemente Variado) indica que a experiência de aprendizado contribuiu com a aprendizagem, tornando os conceitos mais tangíveis e menos distantes na assimilação para os estudantes.

Os grupos 4 e 5 relataram que através da utilização do Merge Explorer e Pokémon Go puderam aplicar diretamente os conceitos aprendidos em cenários reais, reforçando a relevância dos conteúdos para a prática da Engenharia, mas também se mantiveram motivados durante os encontros. Este trecho demonstra a importância de conectar o ensino de física a contextos do mundo real e de criar experiências de aprendizado educacional. Tais experiências podem facilitar a compreensão dos conteúdos, além de preparar os estudantes para aplicarem esses conceitos em situações práticas em sua futura carreira profissional.

Os resultados mostraram que os 19 estudantes de engenharia que participaram de todas as atividades se mostraram mais engajados e motivados em aprender os

conteúdos, uma vez que a realidade aumentada proporcionou uma forma mais visual e real de compreendê-los. Além disso, a interatividade oferecida pela tecnologia permitiu a exploração e experimentação dos conceitos físicos de forma prática, o que contribuiu para melhor assimilação do conhecimento.

Portanto, entende-se que a utilização de novas ferramentas no ensino superior permite estabelecer relação efetiva entre teoria-prática como auxílio na aplicação de conceitos teóricos em cenários reais ou simulados, facilitando a compreensão dos conteúdos de Física Geral e Experimental. Como visto nas considerações dos estudantes, a conexão entre teoria e prática, proporcionada pelo uso desses aplicativos, resultou em uma experiência de aprendizado mais interessante.

Ressalta-se que nem todas as experiências foram satisfatórias, pois quando se trata de tecnologias, internet e aparelho celular, podem ocorrer instabilidades para a aplicação em aula. Houve momentos em que o aplicativo apresentou problemas de conectividade, dificultando a visualização dos objetos virtuais. Além disso, oito alunos sentiram certa dificuldade em se adaptar ao uso da tecnologia, principalmente aqueles com pouca familiaridade com dispositivos eletrônicos. Porém, de acordo com Barchinski [40], e baseado nos dados analisados durante as atividades e relatórios, evidencia-se que com a integração tecnológica e utilização recorrente em outros conteúdos esta dificuldade poderá ser aos poucos sanada.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa demonstrou que a realidade aumentada é uma ferramenta com potencial para contribuir com o ensino do conteúdo de movimento, através das simulações por realidade aumentada, oferecendo uma experiência de aprendizagem interativa para os estudantes do ensino superior. Os aplicativos utilizados durante esta pesquisa permitiram a visualização tridimensional de conceitos abstratos, leis e fenômenos físicos, facilitando a compreensão dos conteúdos.

O uso dos aplicativos de realidade aumentada, Pokémon GO e Merge Explorer, apresentou resultados que reforçaram a troca de ideias e a construção conjunta de conhecimento, permitindo que os estudantes discutissem os conceitos e problemas da física, resultando em uma compreensão integrada dos conteúdos trabalhados. Durante a aplicação das atividades, algumas dificuldades foram observadas que podem impactar a eficácia do uso da realidade aumentada no ensino de física.

Embora a maioria dos estudantes tenha participado das atividades utilizando seus dispositivos móveis, alguns enfrentaram limitações de acesso à internet ou a dispositivos compatíveis com os aplicativos utilizados, como o Merge Explorer e Pokémon GO. Outro desafio foi o fato de que nem todos os alunos tinham familiaridade com as ferramentas de realidade aumentada, exigindo um período inicial de adaptação. Essa fase, embora necessária, pode ter comprometido o ritmo das atividades, especialmente nos primeiros momentos das atividades propostas em cada encontro.

Para superar essas dificuldades e aprimorar futuras investigações, sugere-se que novas pesquisas explorem estratégias de inclusão digital, buscando maneiras de garantir que todos os estudantes tenham acesso às tecnologias necessárias. Além disso, é recomendável incluir o uso da realidade aumentada em sala de aula como metodologia de avaliação, pois de acordo com os resultados nota-se que a compreensão dos conteúdos se torna mais eficaz.

Por fim, a realização de estudos em um prazo maior acompanhando o impacto da realidade aumentada no aprendizado em diferentes momentos ao longo da formação acadêmica pode atribuir uma visão mais aprofundada dos benefícios e desafios dessa tecnologia, permitindo ajustes mais precisos em sua implementação.

AGRADECIMENTO

A CAPES pelo auxílio da Bolsa de Doutorado para que a dedicação com as pesquisas seja possível. A Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Ponta Grossa por apoiar a pesquisa e destinar verbas como também ambiente próprio para nosso estudo.

REFERÊNCIAS

- [1] Leite, B. S., *Aplicativos de realidade virtual e realidade aumentada para o ensino de Química*, Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico **6**, e097220-e097220, (2020).
- [2] Kenski, V. M., Medeiros, R. A., Ordéas, J. *Ensino superior em tempos mediados pelas tecnologias digitais*, Trabalho & Educação **28**, 141-152, (2019).
- [3] Moraes, V. C., *Como empresários estão lucrando com o Pokémon GO e atraindo consumidores*, (2016). Recuperado em 03 de outubro, 2016, de <http://blog.pr.sebrae.com.br/empreendedorismo/como-empresarios-estao-lucrando-com-opokemon-go-e-atraindo-consumidores>.
- [4] Rodrigues, M. C., Tori, Da Silva, B. H., Pontes. *Sólidos geométricos-Pirâmides com Realidade Aumentada*, Anais dos Trabalhos de Conclusão de Curso Pós-Graduação em Computação Aplicada à Educação Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (Universidade de São Paulo, Brasil, 2020).
- [5] Martín, S. C., González, M. C., *Proposta didática com realidade aumentada no programa Digicraft*, Simpósio Internacional de Educação e Comunicação-SIMEDUC, 10 (2021).
- [6] Silva, L. G. P., Rufino, H. L. P., *O ensino de história e o uso de realidade aumentada*, Revista Intersaberes **16**, 138-159 (2021).
- [7] Silva, G. V. da et al., *Novas práticas utilizando realidade aumentada no ensino de biologia em escolas de ensino fundamental*, (Universidade Federal de Santa Catarina, 2023).
- [8] Herpich, F., *Recursos educacionais em realidade aumentada para o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial em física*, (2019).

- [9] Malbos, A. N. A. et al., *Aplicação da Realidade Aumentada para simulação de experimentos físicos em dispositivos móveis*. In: 014 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV). IEEE, 231-235 (2014).
- [10] Souza, R. C., Kirner, C., *Ensino e Aprendizagem de Eletromagnetismo usando Recursos de Realidade Aumentada*, RENOTE **9**, 1 (2011).
- [11] França, C. R., *O potencial da realidade virtual e aumentada na concepção de objeto de visualização para aprendizagem de Física*, (2019).
- [12] Queiroz, A. S. et al., *Realidade Aumentada no Ensino da Química: Elaboração e Avaliação de um Novo Recurso Didático*, Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação **1**, 2 (2015).
- [13] Ferreira, C. E. A. et al., *Realidade Aumentada como apoio ao ensino de Ciências no contexto da pandemia por Covid-19: um estudo de caso*, Research, Society and Development **11**, 12 (2022).
- [14] Chaves, J. et al., *O uso da realidade aumentada como ferramenta experimental para o ensino da gravitação universal*, (2023).
- [15] Alves, J. P. A. S. V., *Utilização de realidade virtual e aumentada no ensino de Física*, Trabalho de Conclusão de Curso, (UNESP, Brasil, 2023)
- [16] Viana, G. O., Ribeiro, R. J., Figueiredo, G.V. C., *Robótica aumentada: Interação entre robôs reais e cenários virtuais projetados com aplicação no ensino de Física*, Ensino e Tecnologia em Revista **5**, 108-124 (2021).
- [17] Abreu, R. O., De Souza, P. H., *O uso da realidade aumentada como recurso didático para o estudo do sistema solar*, Anais da Semana de Licenciatura, 299-309 (2015).
- [18] Gomes, C. B. C., *Transição de fase Superfluido-Isolante de Mott em redes ópticas via modelo de Jaynes-Cummings-Hubbard*, (2013). 95 f. Tese de Doutorado em Física – (Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013).
- [19] Silva, R. L. de S., Viegas, M. AC., Vieira, M. B., *Ferramenta de Apoio ao ensino de Física utilizando Realidade Aumentada*, Revista Brasileira de Informática na Educação **20**, 60 (2012).
- [20] Coelho, P. H. L. et al., *Uso da realidade aumentada e o QR CODE com o auxílio do aplicativo AR CIRCUITS 4D PHYSICS como recurso didático para o ensino de Física: Uma sequência didática para circuitos elétricos*, (2023). 131 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Rede - Ensino de Física em Rede Nacional/CCET) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2023
- [21] Barbosa, B. K. N., *Realidade aumentada como ferramenta de apoio para ensinar eletromagnetismo*, Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Pará, Faculdade de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Belém, (2020).
- [22] Nicolete, P. C. et al., *Estudo exploratório sobre realidade aumentada e laboratório remoto no ensino de física*, Revista Novas Tecnologias na Educação **17**, 345-355 (2019).
- [23] Ribeiro, A. A S., De Oliveira Siqueira, A. B., Da Hora Macedo, S. *Realidade aumentada aplicada ao ensino e aprendizagem do campo magnético*. In: Congresso de Ensino Pesquisa e Extensão-CONEPE. (2014).
- [24] Barcelos, M. et al. *Uso de realidade aumentada na visualização de componentes de subestações de energia* Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 19, No. 2, June, 2025
- [25] Dornel, A. P. et al. *Eclipses, relatividade geral e sobral: Uma abordagem usando realidade aumentada*, XI Encontro Científico de Física Aplicada, 7 (2021).
- [26] Feitosa, A. M., *Realidade aumentada no ensino de física*. 2020. 165 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro de Educação, Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, (Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021).
- [27] Costa, T. Q., Rabello, D. L. S., *Investigação Didática de Ambientes com Realidade Virtual e Realidade Aumentada na Aprendizagem de Física Moderna Contemporânea: uma abordagem semiótica*, IF-Sophia: Revista Eletrônica de Investigações Filosófica, Científica e Tecnológica **6**, 105-124 (2020).
- [28] Perrone, B. M. S., *A formação de conceitos científicos em física: uma proposta de ensino delineada pela teoria das ações mentais utilizando realidade aumentada*, 118f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) — Centro de Ciências Exatas. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, (2018).
- [29] Oliveira, L. D., Manzano, R., Cid., *Aplicações de realidade aumentada no ensino de Física a partir do software LAYAR*, Revista Novas Tecnologias na Educação **14**, 1, (2016).
- [30] Herpich, F et al., *Realidade Aumentada no Desenvolvimento da Habilidade de Visualização Espacial em Física*. In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, (2018) p. 345.
- [31] Neto, M. G., Barros C. et al., *Aplicabilidade da realidade aumentada no ensino de física*, Brazilian Journal of Development **10**, 470-483 (2024).
- [32] Denardin, L., Manzano, R. Cid., *Desenvolvimento, utilização e avaliação da realidade aumentada em aulas de física*, Revista Novas Tecnologias na Educação **15**, 2 (2017).
- [33] Meyer, Y. A. de Souza, E. L., de Ávila, L. F., Artero, G. G., Borges, J. I., dos Santos, J. R., & da Costa, L. C. S., *Iniciação Científica no Ensino Médio: A construção de um aparato experimental de baixo custo para estudo da lei de lambert-beer a partir de um circuito montado com fotodiodo LDR*, Revista de Estudos Aplicados em Educação **3**, 5 (2018).
- [34] Bajura, M. & Neumann, U., *Dynamic registration correction in video-based augmented reality systems*, IEEE Computer Graphics and Application, 9, September, (1995).
- [35] Gil, A. C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. Atlas, São Paulo, (2011).
- [36] Espedito, F. L. C. et al., *A gamificação no ensino de Astronomia nos anos finais e na EJA do Ensino Fundamental: uma estratégia para a aprendizagem significativa*, Dissertação de mestrado em Astronomia, (Universidade Estadual de Feira de Santana, 2021).
- [37] Góes, M. S., Teixeira, M. S., *Arte e cultura digital na Educação Infantil: a galáxia na palma da mão*, Olhar de professor **24**, 1-20 (2021).
- [38] Alves, L. R. G., Torres, V., *Jogos digitais, entretenimento, consumo e aprendizagens: uma análise do Pokémon Go*. (EDUFBA, Salvador, 2017).
- [39] Franco, C. C. C., *A utilização de recursos educativos digitais na sala de aula: Um componente fundamental no* <http://www.lajpe.org>

Ensino, (Universidade Nova de Lisboa, Relatório de estágio, 2013).

[40] Tipler, P. A. e Mosca, G., *Física para Cientistas e Engenheiros*, Volume 1 Mecânica, Oscilações e Ondas Termodinâmica, (Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2009).

[41] Barchinski, K. C., *Construção de objetos com movimento nas formas digital e não-digital: onde está a matemática?* Dissertação de mestrado, (Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2022).