

CAPÍTULO 13

REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE FÍSICA

Data de submissão: 05/11/2024

Data de aceite: 02/12/2024

Thiago Daboit Roberto

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- UERJ
Rio de Janeiro, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2694615438248688>

Levi Phelipe da Silva Franklin

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- UERJ
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/7492640640048930>

André Pereira de Almeida

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- UERJ
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/6871464920281079>

Miguel Lucas Vasconcellos

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- UERJ
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/2312022565801317>

Thiago Corrêa Almeida

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- UERJ
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/3266404381934797>

RESUMO: A integração de smartphones em sala de aula possui o potencial de enriquecer o aprendizado dos alunos com conteúdo de alta qualidade; entretanto, seu uso isolado não assegura o aproveitamento pleno desses recursos. Este estudo investiga a aplicação da Realidade Aumentada (RA) como ferramenta para tornar o ensino de física mais interativo e eficaz. Utilizando as plataformas Unity e Vuforia, foi desenvolvido um aplicativo para dispositivos Android que permite a visualização de objetos virtuais sobrepostos ao ambiente físico, facilitando o estudo de óptica geométrica. Como material didático complementar, foi elaborada uma apostila com marcadores visuais, de modo que os

Maximiano Correia Martins

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- UERJ
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/3232700055302552>

Flávia Luzia Jasmim

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- UERJ
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/2200753999568458>

alunos possam interagir com modelos tridimensionais durante as aulas, aprofundando seu entendimento dos conceitos físicos.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologias Educacionais; Realidade Aumentada; Ensino de Física; Aplicativos Android.

AUGMENTED REALITY IN PHYSICS EDUCATION

ABSTRACT: The integration of smartphones in the classroom has the potential to enrich student learning with high-quality content; however, their use alone does not ensure full engagement with these resources. This study investigates the application of Augmented Reality (AR) as a tool to make physics education more interactive and effective. Utilizing Unity and Vuforia platforms, an Android application was developed to enable the visualization of virtual objects superimposed onto the physical environment, facilitating the study of geometric optics. As a complementary instructional resource, a guide containing visual markers was created, allowing students to interact with three-dimensional models during lessons and deepen their understanding of physical concepts.

KEYWORDS: Educational Technologies; Augmented Reality; Physics Education; Android Applications.

1 | INTRODUÇÃO

Informações sobre descobertas científicas, estudos de ponta, entre outros, relacionados à temática de uma aula, podem contribuir para o melhor desempenho do aluno. Porém, o acesso a esses conteúdos por estudantes da Educação Básica não garante que estejam aproveitando toda a capacidade tecnológica desses dispositivos. Esse contexto desafia o educador a repensar e modernizar o ensino para seus alunos. Segundo Zulian e Freitas (2001), é cada vez mais premente a elaboração e o uso de recursos didáticos que contemplem as reais necessidades de todos os estudantes, por meio de ambientes de aprendizagem interativos, mediados por softwares educativos.

Em particular, o ensino de Física enfrenta grandes desafios para o aprendizado dos alunos e procura encontrar maneiras de reduzir as dificuldades e apresentar resultados relevantes e significativos. Segundo Barroso et al. (2018), o aprendizado de Física ainda enfrenta diversos obstáculos devido à maneira como os estudantes processam informações. No entanto, experiências virtuais e simulações proporcionam aos docentes e alunos novas oportunidades de ensino e aprendizado, focadas na investigação e experimentação. A união do celular com a tecnologia de Realidade Aumentada (RA) possibilita a transformação de conteúdo abstrato em interativos. Rezende et al. (2021) sugerem que a RA usa o ambiente real como base para uma experiência que guia o usuário a se conectar com o mundo virtual, mantendo a percepção de que estão no mundo real ao mesmo tempo em que inclui elementos tridimensionais para a interação.

A RA, segundo Silva e Rufino (2021), proporciona a oportunidade de interagir com objetos virtuais no mundo real, e existem inúmeras oportunidades de exploração na área da

educação. O educador pode melhorar a exposição com modelos tridimensionais muito mais detalhados que os modelos em livros didáticos tradicionais e geralmente bidimensionais. De acordo com Gonçalves, Oliveira e Vettori (2017), a realidade aumentada é um elemento motivador, pois o aluno se depara com a tecnologia da interatividade literalmente em suas mãos, além de aumentar a conexão com outros alunos. Kirner e Kirner (2007) argumentam que a RA é capaz de adicionar ao ambiente físico objetos virtuais animados e manipuláveis pelo usuário, sem a necessidade de conhecimentos computacionais.

Essas pesquisas mostram que o aprendizado pode se tornar ainda mais significativo com o uso da tecnologia RA, uma vez que ela se mostra, principalmente, como um complemento aos métodos tradicionais. Portanto, tem-se que este projeto pretende construir objetos em RA especialmente para os alunos, implementando uma atividade dinâmica que potencializa seu aprendizado e favorece a aprendizagem acerca das Leis que regem a natureza. Assim, este trabalho apresenta a construção de marcadores para a tecnologia RA e de objetos virtuais que podem ser utilizados para a construção do ensino de física. Estes marcadores podem ser acessados em uma apostila, e funcionar como um complemento aos materiais didáticos entregue aos alunos no início do curso. No entanto, estes objetos também podem ser utilizados de forma concreta com um aplicativo para Android, de modo que os alunos tenham a possibilidade de visualizar os objetos de RA e ter uma experiência interativa.

2 | METODOLOGIA

A tecnologia de RA neste projeto utiliza a captura de imagens por meio de câmeras de dispositivos móveis; ao identificar um marcador específico, os objetos virtuais são exibidos em tempo real (KIRNER, SISCOUTTO, 2006). Esses marcadores, impressos em papel A4 comum, são captados pelas câmeras dos celulares, permitindo que os alunos visualizem os objetos virtuais sobrepostos ao ambiente físico. Isso, enriquece a experiência de aprendizado com uma dimensão interativa.

Os modelos 3D utilizados no ambiente de RA foram criados no Fusion 360, um software de modelagem 3D especializado em design paramétrico. O Fusion 360 permitiu desenvolver objetos com precisão de maneira simples e intuitiva, o que facilitou bastante o aprendizado dos alunos. Depois de criados, os modelos foram exportados e integrados ao Unity para serem visualizados em RA. O uso do Fusion 360 foi fundamental para garantir que os objetos virtuais fossem realistas ao contexto educacional. Importante destacar que todas essas ferramentas aqui propostas são gratuitas e de fácil acesso e utilização.

Para criar esses objetos em RA, foi utilizado o SDK Vuforia, uma plataforma muito popular para o desenvolvimento de experiências de RA. O Vuforia, integrado ao Unity 3D, fornece um conjunto completo de ferramentas que simplificam a detecção de marcadores e o rastreamento de objetos em tempo real. Possibilitando a exibição precisa do conteúdo

na tela do aparelho, mesmo quando está em movimento. Além disso, é possível incluir diferentes interações visuais nos objetos, como modelos sobrepostos e elementos interativos que reagem às ações do aluno ao mexer o celular.

O Unity 3D foi a ferramenta responsável por reunir tudo para desenvolver a tecnologia de RA. Ela foi empregada como motor gráfico na criação do ambiente de realidade aumentada. O Unity é muito usado na criação de ambientes 3D interativos, sendo uma plataforma versátil e popular. Ela dá suporte para modelagem de alta qualidade, física realista e animações avançadas. Essa tecnologia viabiliza a formação de cenários exploratórios imersivos que facilitam interações naturais. O aluno pode manipular e visualizar os objetos virtuais em diferentes ângulos, o que ajuda a entender melhor os conceitos físicos apresentados. Além disso, o Unity facilita a integração com o Vuforia, tornando mais simples desenvolver apps para dispositivos móveis, especialmente para o Android, onde o projeto está sendo desenvolvido. Embora seja viável modelar e criar modelos 3D dentro do Unity, a escolha foi usar o Fusion 360 por sua facilidade de uso. Os itens são feitos de maneira fácil e intuitiva, tornando essa fase do projeto mais simples.

Os marcadores são definidos como elementos visuais geralmente representados por imagens impressas ou códigos, como os QR Codes, que servem como pontos de referência para ativar e posicionar objetos virtuais gerados pela RA. Assim, depois de serem reconhecidos pela câmera do aparelho, o programa consegue encontrar o objeto virtual e mostrá-lo de forma precisa na tela do celular. Cada marcador possui atributos visuais exclusivos, como desenhos de alto contraste e contornos definidos, auxiliando a identificação pelo SDK Vuforia.

Depois de criar os marcadores, uma apostila foi elaborada para reunir todos os componentes criados para o projeto. Este guia, disponível em formato físico ou eletrônico, é uma ferramenta extra para alunos e educadores, com uma lista organizada de indicadores a serem utilizados durante as aulas. Ela foi construída por tópicos com os marcadores alocados nos seus devidos subtemas da física. Dessa forma, os marcadores podem ser incorporados pelos professores em seus materiais para permitir que os alunos visualizem objetos 3D ao longo do material.

Finalmente, desenvolveu-se o app móvel RA CAp UERJ para Android que possibilita que os estudantes vejam os objetos virtuais sobrepostos ao ambiente real em tempo real através de seus smartphones. Este app, desenvolvido com o Unity e integrado ao Vuforia, utiliza a câmera do dispositivo para registrar a imagem dos marcadores e colocar os objetos virtuais de maneira exata na tela. A interface do aplicativo foi projetada para ser de fácil utilização e intuitiva, de forma que os estudantes consigam interagir com os elementos virtuais sem problemas técnicos. Apenas é preciso que o estudante abra o app e direcione a câmera para o marcador, para que o item virtual seja criado.

Dessa maneira, a metodologia para implementação da Realidade Aumentada começa com a criação de um marcador para um objeto 3D específico. Paralelamente, o modelo

3D correspondente é desenvolvido no Fusion 360. Com o marcador e o objeto 3D prontos, ambos são importados para o Unity, que deve estar integrado ao Vuforia para possibilitar a implementação da RA. No Unity, realiza-se a integração dos marcadores e dos objetos 3D, onde também são definidas as propriedades físicas, como a aplicação de efeitos de gravidade, ou se o objeto será estático, como no caso de uma lente biconvexa. Após essas configurações, o Unity integrado ao Android Studio permite a criação de um aplicativo móvel que implementa a RA. Uma vez estabelecido esse processo, é possível criar uma linha de produção para desenvolver outros objetos e marcadores, formando gradualmente a apostila de marcadores. Com o aumento de objetos no sistema, surgem desafios adicionais, como instabilidades de marcadores semelhantes, mas que podem ser contornados com ajustes específicos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa dos resultados está relacionada à criação e aos testes iniciais dos marcadores desenvolvidos para o ambiente de RA. Para o primeiro teste, um marcador denominado Lente Biconvexa foi criado, conforme mostrado na Figura 1, com o objetivo de avaliar o funcionamento básico e a estabilidade da RA.

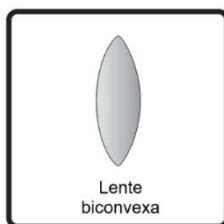


Figura 1. Primeiro marcador de testes para o objeto Lente Biconvexa.

Utilizando objetos prontos do próprio *Unity*, posicionou-se um cubo sobre o marcador para realizar o teste inicial, como exibido nas Figuras 2 e 3. A escolha do cubo deve-se à simplicidade e à facilidade de implementação, proporcionando uma visualização rápida do comportamento da RA.

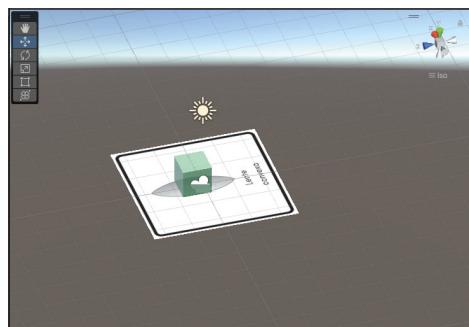


Figura 2. Cubo padrão do *Unity* posicionado sobre o marcador no ambiente de desenvolvimento do *Unity*.

Na Figura 2, observa-se o cubo verde posicionado sobre o marcador no ambiente de desenvolvimento do *Unity*. Este primeiro teste permitiu ajustar a altura e a posição do objeto virtual em relação ao marcador, simulando a sobreposição esperada no dispositivo móvel. Embora a RA ainda não estivesse implementada diretamente em um celular, foi possível simular o funcionamento no computador utilizando uma *webcam* para emular a câmera do dispositivo. A Figura 3 mostra essa visualização inicial, permitindo observar o comportamento da RA em tempo real.

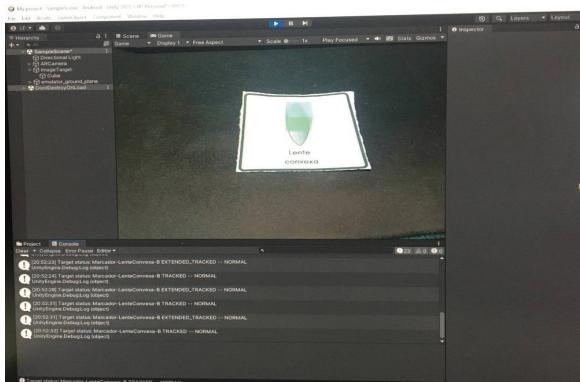


Figura 3. Visualização da RA gerada pela webcam do computador para testes.

Na Figura 3, o cubo 3D é gerado conforme definido no *Unity*, demonstrando que o marcador funciona como ponto de referência. Após este primeiro teste, adotou-se um modelo simplificado de lente para verificar parâmetros adicionais da RA, como a estabilidade do objeto sobre o marcador. A Figura 4 apresenta o objeto flutuando sobre o marcador, resultado de ajustes na altura e posição.

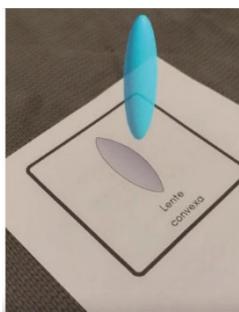


Figura 4. Visualização do formato simplificado flutuando sobre o marcador inicial.

Uma observação interessante, mostrada na Figura 5, envolve a passagem da mão sob o objeto virtual, algo que estudantes frequentemente tentam ao explorar a RA. Esse experimento demonstrou uma leve oscilação do objeto para a esquerda, indicando que o *Vuforia* apresenta limitações na detecção precisa do marcador em alguns ângulos. Embora

o software ainda consiga segurar o objeto no lugar, esse marcador mostrou-se instável quando testado sob condições mais exigentes.

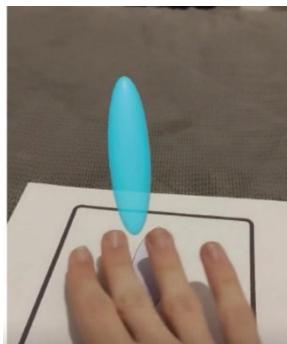


Figura 5. Visualização da passagem da mão sobre o marcador.

Conforme o projeto avançou e mais marcadores foram integrados, identificou-se que o marcador inicial era inadequado para a produção da apostila de marcadores, que visa conter mais de 100 referências. Em testes subsequentes, os objetos 3D perdiam sua estabilidade na tela do celular, evidenciando a dificuldade do *Vuforia* em localizar corretamente a referência com marcadores mais simples. Para solucionar isso, adotou-se um novo tipo de marcador com mais pontos de referência, como ilustrado na Figura 6. Esse novo marcador consegue garantir uma maior estabilidade na geração dos objetos 3D.

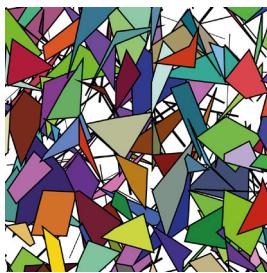


Figura 6. Novo marcador com mais pontos de referência, ideal para maior estabilidade na RA.

O marcador exibido na Figura 6, que possui mais detalhes e contrastes, foi considerado ideal pela ferramenta *Vuforia*, garantindo maior estabilidade e permitindo a geração simultânea de diversos objetos 3D. Embora o marcador inicial fosse visualmente mais simples e intuitivo, ele foi descartado devido à sua instabilidade. Definido o tipo de marcador mais adequado, iniciou-se a modelagem dos objetos virtuais específicos, como a lente biconvexa, no *Fusion 360*.

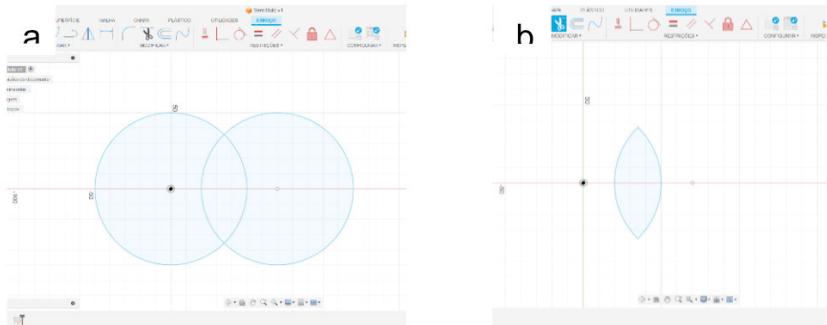


Figura 7. a) Esboço inicial com dois círculos; b) Esboço finalizado da lente biconvexa no *Fusion 360*.

A Figura 7 demonstra o processo de criação da lente biconvexa no *Fusion 360*. Primeiramente, foram criados dois círculos de raios iguais, dispostos de forma a se sobrepor, para esboçar a forma básica da lente. As partes externas à intersecção dos círculos foram então eliminadas, criando o esboço primário. Em seguida, aplicou-se a revolução do esboço ao longo do eixo de simetria, resultando na criação tridimensional da lente biconvexa, como ilustrado na

Figura 8.

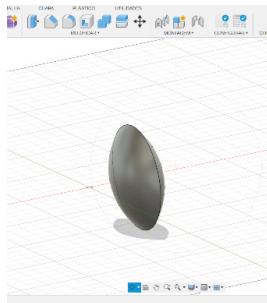


Figura 8. Lente biconvexa finalizada no *Fusion 360*.

Com a lente biconvexa finalizada, o modelo foi salvo e exportado para o *Unity*, onde foi integrado ao ambiente de RA. Esse processo é repetido para todos os demais objetos criados, com cada modelo passando pelas etapas de ajuste e validação, garantindo que cada marcador e objeto estejam prontos para uso na apostila de marcadores. Dessa maneira, foram produzidos também outros objetos ópticos, como lentes e prismas, que podem ser vistos nas Figuras 9 e 10.



Figura 9. Grupo de 3 lentes convergentes geradas ao mesmo tempo.

Na Figura 9, observa-se um conjunto de lentes convergentes, cada uma gerada em seu respectivo marcador. Os marcadores foram organizados lado a lado, simulando a disposição que teriam em uma página de apostila ou lista de exercícios. É possível notar que os objetos são gerados de forma independente, sem interferência mútua. Um exemplo disso é a proximidade entre as lentes da esquerda e a central, que chegam a se tocar, mas continuam sendo geradas corretamente, sem interferências ou sobreposições incorretas. Esse teste demonstra a estabilidade e precisão deste tipo de marcador, comprovando sua viabilidade para uso contínuo. Neste caso, a RA foi gerada por um tablet com sistema Android, validando o funcionamento do aplicativo em dispositivos móveis.



Figura 10. Na esquerda, grupo de 3 marcadores; na direita, grupo de 3 prismas gerados simultaneamente.

Na Figura 10, observa-se três marcadores dispostos sobre uma mesa simples. Esses marcadores foram impressos em tamanho grande, mas podem ser reduzidos a quadrados de 88 mm de lado, se necessário. Utilizando um tablet para visualizar a RA, vê-se os prismas projetados, cada um associado ao seu marcador correspondente. Nota-se que o prisma à direita está na posição horizontal, uma configuração feita propositalmente para

testar a flexibilidade e a orientação dos objetos virtuais no *software*. Esse teste demonstrou a capacidade do sistema de gerar simultaneamente diferentes prismas, validando a estabilidade e precisão dos marcadores.

Para enriquecer a experiência visual e tornar os conteúdos mais interessantes para o aluno, foram criados modelos que incorporam efeitos de raios de luz atravessando as lentes ou prismas, como mostrado na Figura 11. Esses raios de luz são estáticos e foram integrados diretamente aos objetos virtuais. Essa abordagem permite que o aluno observe o fenômeno da refração ao longo de uma lente ou prisma, ilustrando de forma visual o comportamento dos raios de luz em meios ópticos.

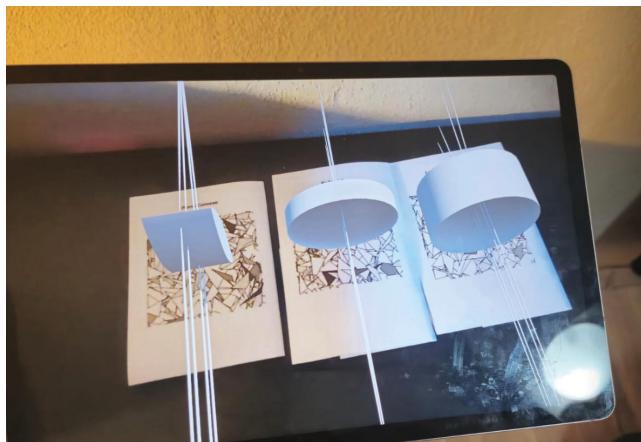


Figura 11. Visualização dos raios de luz passando pelas 3 lentes.

Após a implementação dos objetos ópticos, como lentes e prismas, explorou-se também as simulações físicas oferecidas pelo *Unity*, com o objetivo de testar o comportamento de uma esfera sob efeito da aceleração gravitacional em um ambiente de RA. O experimento consistiu na criação de uma caixa virtual fechada, que pode ser vista na Figura 12, contendo uma esfera maciça. Esta caixa delimita o volume dentro do qual a esfera pode se mover. Ela serve apenas como referência para definir as condições de contorno necessárias para a simulação.

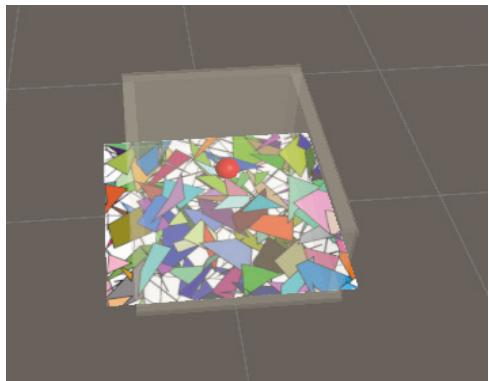


Figura 12. Esfera maciça dentro do volume de referência sobre o marcador no *Unity*.

Na Figura 12, observa-se a configuração no *Unity* para implementação da RA. Esse volume de controle pode ser definido como invisível posteriormente. A Figura 13 mostra esse objeto já implementado e em funcionamento pelo aplicativo.

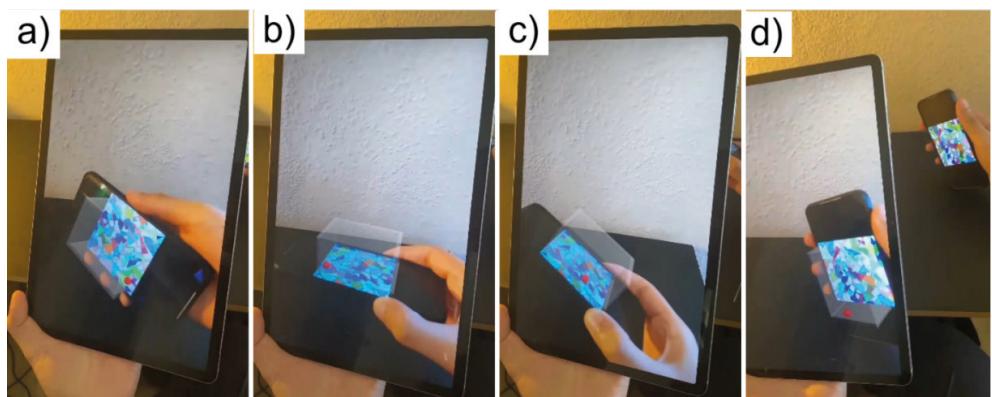


Figura 13. Esfera maciça dentro do volume de referência em RA.

Na Figura 13, observa-se o funcionamento do experimento: ao inclinar o marcador de um lado para o outro, a esfera responde à mudança de orientação, movendo-se em direção ao lado inclinado e simulando o efeito da gravidade. Na Figura 13b, o objeto é mostrado em repouso sobre o marcador posicionado horizontalmente. Quando o marcador é inclinado para a esquerda, a esfera desliza para o mesmo lado, como ilustrado na Figura 13a. Ao inclinar o marcador para a direita, a esfera desliza para a direita, conforme mostrado na Figura 13c. Esse comportamento demonstra que a ferramenta consegue atribuir propriedades físicas aos objetos e simular fenômenos de maneira satisfatória. Além disso, ao virar o marcador completamente, observa-se que a esfera permanece dentro do volume de referência virtual associado ao marcador, como mostrado na Figura 13d. Essa capacidade abre a possibilidade de futuras expansões do projeto para a criação

de volumes de referência maiores, como os necessários para a implementação de um lançador oblíquo. Outro aspecto importante é que o valor da aceleração gravitacional pode ser ajustado, permitindo que o movimento da esfera seja mais lento ou mais rápido.

Na Figura 13d, também é demonstrada a utilização de um celular com uma foto do marcador no lugar do marcador de papel, enquanto a RA é gerada no tablet com sistema Android. Esse recurso exemplifica a flexibilidade da RA, que pode funcionar tanto com marcadores físicos quanto digitais.

Com a finalização dos objetos e marcadores iniciais e com o aplicativo pronto, foi criada uma apostila de marcadores para organizar e disponibilizar o material de forma acessível. A apostila, ilustrada na Figura 14, compila todos os marcadores de lentes, prismas e outros objetos, permitindo que os alunos utilizem o aplicativo para explorar cada conceito em profundidade. Ademais, a proposta é que os docentes possam facilmente encontrar e baixar esse conteúdo na página oficial do grupo de pesquisa (ROBERTO *et al.*, 2023).



Figura 14. Apostila de marcadores com conteúdo de lentes e prismas.

Com a implementação e integração de todos os elementos - o aplicativo RA CAp UERJ, a apostila de marcadores e os objetos virtuais - concluídos, este projeto oferece uma solução completa para incentivar um ensino interativo e dinâmico de Física.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi mostrado o progresso de uma ferramenta educacional inovadora, que une Realidade Aumentada com modelos virtuais de conceitos ópticos, como lentes e prismas, para melhorar o ensino de Física. Usando uma abordagem que combinou o Fusion 360, Unity e o SDK Vuforia, foi viável desenvolver elementos tridimensionais interativos e um guia com marcadores, que possibilita aos estudantes uma exploração aprofundada de cada conceito. Também, o app móvel RA CAp UERJ, criado para o Android e quase pronto para ser lançado na Google Play, já pode ser baixado no site do projeto (ROBERTO *et al.*, 2023).

Até agora, a apostila de marcadores contém 24 itens ligados à seção de lentes e prismas, dispostos de forma a facilitar o acesso e a utilização pelos docentes em sala de aula. A atualização constante do material e o empenho na introdução de novos conteúdos em Realidade Aumentada têm como objetivo satisfazer as demandas pedagógicas dos docentes e oferecer aos estudantes uma experiência de aprendizado prática e visualmente cativante. A implementação de marcadores aprimorados, após várias fases de testes, garantiu a estabilidade e exatidão requeridas para o bom funcionamento do aplicativo em variados aparelhos.

O grupo planeja expandir o conteúdo da apostila e do aplicativo no futuro, introduzindo novos objetos de Realidade Aumentada voltados para a mecânica, tratando de tópicos como planos inclinados, lançamentos horizontais e oblíquos. Estes novos materiais possibilitarão aos estudantes investigarem fenômenos básicos da mecânica de maneira interativa, empregando a Realidade Aumentada para visualizar e entender conceitos dinâmicos de movimento e forças. De modo que, a expansão constante da apostila e o aprimoramento do aplicativo são etapas cruciais para estabelecer este projeto como um padrão em recursos pedagógicos interativos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

REFERÊNCIAS

ANDROID STUDIO. Android Studio: plataforma de desenvolvimento para Android. Versão: 2021.3.1. Disponível em: <https://developer.android.com>. Acesso em: 30 ago. 2024.

BARROSO, Marta F.; RUBINI, Gustavo; SILVA, Tatiana da. Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 40, n. 4, e4402, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0059>. Acesso em: 5 abr. 2022.

GONÇALVES, R. L.; OLIVEIRA, L. D.; VETTORI, M. Avaliação do desenvolvimento de ambientes de realidade aumentada elaborados por alunos do ensino médio em aulas de física. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – ENPEC**, 11., 2017, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: ABRAPEC, 2017. p. 1–8.

KIRNER, Cláudio; KIRNER, Tereza G. Virtual reality and augmented reality applied to simulation visualization. In: EL SHEIKH, A. A. R.; AL AJEELI, A.; ABUTAIH, E. M. O. (Org.). **Simulation and modeling: current technologies and applications**. 1. ed. Hershey-NY: IGI Publishing, 2007.

REZENDE, Sandro M.; GONÇALVES, Juanice D. B.; PINTO, Sergio C. C. S.; DELOU, Cristina M. C. A realidade aumentada em situações de aprendizagem na educação básica: uma revisão de literatura. In: **WORKSHOP SOBRE AS IMPLICAÇÕES DA COMPUTAÇÃO NA SOCIEDADE – WICS**, 2., 2021, Evento Online. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 102–111. ISSN 2763-8707. DOI: <https://doi.org/10.5753/wics.2021.15968>.

ROBERTO, T. D. *et al.* Realidade aumentada no ensino de Física. Disponível em: <https://sites.google.com/view/raensino-de-fisica/p%C3%A1gina-inicial>. Acesso em: 20 out. 2024.

SILVA, L. G. P. da; RUFINO, H. L. P. Revisão sistemática sobre as vantagens e desafios no uso de realidade aumentada como ferramenta pedagógica no ensino médio. **Educação**, v. 46, n. 1, p. e38/1–31, 2021. DOI: 10.5902/1984644442392. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reveducacao/article/view/42392>. Acesso em: 7 abr. 2022.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2006.

UNITY. Unity: plataforma para desenvolvimento de ambientes 3D e realidade aumentada. Versão: 2021.3.8f1. Disponível em: <https://unity.com/pt>. Acesso em: 30 ago. 2024.

VUFORIA. Vuforia: kit de desenvolvimento de software para realidade aumentada. Versão: 10.9.3. Disponível em: <https://developer.vuforia.com>. Acesso em: 30 ago. 2024.

ZULIAN, Margaret Simone; FREITAS, Soraia Napoleão. Formação de professores na educação inclusiva: aprendendo a viver, criar, pensar e ensinar de outro modo. **Revista de Educação Especial**, Santa Maria, UFSM, n. 18, 2001. Disponível em: <http://cascavel.cpd.ufsm.br/revistas/ojs2.2.2/index.php/educacaoespecial/article/view/5183>. Acesso em: 7 abr. 2022.