

# Experimentação Remota e Simulações 3D aplicadas ao estudo da propagação das ondas eletromagnéticas por meio da Aprendizagem Baseada em Projetos

Izac M. da Silva<sup>1</sup>, Vitor Bremgartner<sup>1</sup>, Marisa Cavalcante<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico  
Instituto Federal do Amazonas (IFAM) – Manaus – AM – Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Física – Universidade Federal do Amazonas (UFAM)  
Manaus – AM – Brazil

izacmsilva@gmail.com, vitorbref@ifam.edu.br, marisacavalcantel@gmail.com

**Abstract.** *This work presents the results of creating a Didactic Sequence based on Project-Based Learning, integrating Remote Experimentation, Mobile Virtual Simulation, and Virtual Reality for the study of electromagnetic propagation, applicable in different teaching contexts. A mixed approach was used in this project to create a prototype, which was implemented with High School students. The results indicate the effectiveness of the proposal for teaching Physics, with particular emphasis on the Virtual Reality environment.*

**Resumo.** *Este trabalho apresenta os resultados na criação de uma Sequência Didática fundamentada na Aprendizagem Baseada em Projetos, integrando a Experimentação Remota, Simulação Virtual mobile e Realidade Virtual para o estudo da propagação eletromagnética, aplicável em diferentes contextos de ensino. Este projeto teve uma abordagem mista utilizada para criação de um protótipo, o qual foi implementado em alunos do Ensino Médio. Os resultados convergem para a eficácia da proposta, para o ensino de Física, com principal destaque para o ambiente de Realidade Virtual.*

## 1. Introdução

A interação entre a tecnologia e a vida humana está cada vez mais indissociável. Contudo, para o ensino, em particular o de Física, existem alguns dificultadores para tal implementação, como a disponibilidade de tecnologias integradas a processos de ensino metodologicamente fundamentados e contextualizados [Cordeiro e Peduzzi 2013].

Dessa forma, a utilização de um modelo de ensino como a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) tem o potencial de integrar tecnologias ao promover o protagonismo do aluno por meio do trabalho cooperativo em projetos contextualizados que visam solucionar problemas do mundo real [Bender 2012].

Por outro lado, para o estudo de temas abstratos como as ondas eletromagnéticas, as atividades práticas experimentais, em seus diferentes formatos, são fortemente recomendadas para potencializar o aprendizado em Física [Branco et al. 2017]. Dentre elas, se destacam as Experimentações Remotas (ER) [Beraldo et al. 2021], utilizadas por dispositivos com acesso à Internet, ou ainda os Simuladores Virtuais (SV) [Wieman et al. 2008], que replicam tais processos virtualmente. Entre esses simuladores, aqueles que usam a

Realidade Virtual (RV) se destacam por possibilitar a imersão em ambientes interativos e promissores [Mystakidis 2022].

Neste contexto, o objetivo principal desse trabalho de mestrado do Programa de Pós-graduação em Ensino Tecnológico (PPGET), realizado no Instituto Federal do Amazonas (IFAM), foi desenvolver uma Sequência Didática (SD) fundamentada na ABP, utilizando práticas experimentais em ER, SV e RV que estimulem o domínio conceitual, competências e habilidades relativas à BNCC, voltados para o ensino-aprendizagem das ondas eletromagnéticas aplicados à propagação de raios X, em alunos do 3º ano do Ensino Médio.

Dessa forma, são atribuídas como principais contribuições relativas ao estado da arte: i) identificar quais as dificuldades mais frequentes para implementação de uma SD fundamentada na ABP para o estudo das ondas eletromagnéticas com ênfase na propagação dos raios X; assim como, ii) apresentar uma alternativa de desenvolvimento e identificar os benefícios de um ER, SV para Android e um Ambiente em RV, para o estudo da propagação de radiações eletromagnéticas, que possam ser integrados em uma proposta presencial ou remota de ABP; por fim, iii) avaliar o impacto de uma proposta de ABP, fazendo uso de um ER, um SV e um simulador em RV, no processo de ensino-aprendizagem de ondas eletromagnéticas com ênfase na propagação dos raios X.

## **2. Métodos**

Com a finalidade de gerar conhecimentos sobre o tema proposto, esse trabalho teve uma natureza aplicada, utilizando uma abordagem mista, com o objetivo de explorar seus aspectos relativos aos problemas de pesquisa, assim gerando hipóteses. Dessa forma, os procedimentos realizados reúnem aspectos experimentais para criar e validar as ferramentas, assim como um estudo de caso na implementação da proposta, os quais foram avaliados usando características quantitativas e qualitativas, confrontando os dados obtidos. O óculos de RV utilizado foi o Meta Quest 2.

Sendo assim, duas turmas do 3º ano do Ensino Médio Técnico em Eletrônica do IFAM foram escolhidas como público-alvo para implementação, sendo aplicadas em parceria com o professor da disciplina de Física durante 10 aulas de 50 minutos. Para tanto, inicialmente medidas éticas foram contextualizadas e explicitadas para os participantes da pesquisa e seus responsáveis, através de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, em que o pesquisador se responsabilizou pela integridade física dos participantes e persistência sigilosa dos dados obtidos.

A proposta é estruturada e fundamentada na ABP [Bender 2012], em que as suas 6 fases foram adaptadas em 4 etapas, as quais foram apresentadas no site da atividade <https://www.fisicaetecnologia.com>: 1) primeiros passos, parte em que o aluno é introduzido na proposta, tendo acesso à rubrica avaliativa, assim como são escolhidos os grupos e o formato do produto que será criado; 2) Investigação, responsável pela realização da pesquisa no formato de uma WebQuest, assim como a parte experimental no modelo de Rotação por Estações do Ensino Híbrido; 3) Artefato, em que atividades são realizadas para construção do mesmo; 4) Avaliação, etapa destinada à avaliação parcial, seguida de potenciais ajustes e posterior publicação dos resultados para avaliação final.

A coleta e tratamento dos dados avaliativos das ferramentas usou o método estatístico associado à propagação do erro. Já para a implementação da proposta, fo-

ram realizados um pré e pós-teste, além do teste de hipóteses usando a distribuição T-Student, para determinar se a média das notas dos alunos seria ou não alterada com a implementação da proposta. Por outro lado, foi usada a Rubrica analítica para avaliar a subjetividade do aprendizado e participação dos alunos. Por fim, uma análise de afinidade foi realizada através de um teste de satisfação para as turmas e observação do professor e do pesquisador. Mais detalhes do processo de desenvolvimento e implementação podem ser vistos em [Silva 2023].

### 3. Resultados

Como resultados da pesquisa, as ferramentas foram desenvolvidas, testadas e validadas como mostra o coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9986$ ) da relação gráfica entre a intensidade luminosa e sua distância [Silva 2023]. Também foi observado que a diferença entre o protótipo e um dispositivo profissional com a mesma função foi de 3,5%, convergindo para a eficácia da ferramenta.

Por outro lado, a implementação da proposta teve como resultado das médias obtidas do pré e pós-teste, constituídos por 9 questões com 4 alternativas de múltipla escolha, resultando que a média da turma A passou de 3,056 para 6,007, e a turma B de 3,81 para 5,132. Dessa forma, ao analisar através do método T-Student, foi possível comparar com o nível de significância de 95%, no que percebemos que a proposta teve influência no aumento das médias.

Em paralelo, a rubrica analítica avaliou os alunos em 3 critérios: na construção e forma dos artefatos apresentados; na demonstração da aquisição de conceitos, competências e habilidades referentes à BNCC; e na forma de comunicar as descobertas realizadas. Os resultados gerais foram promissores, em que a média da turma A foi de 8,3 e a média da turma B foi de 7,3, com destaque para a criatividade e o uso da linguagem científica em grande parte das apresentações dos alunos.

Por fim, os principais resultados da pesquisa de satisfação indicaram que os alunos de ambas as turmas tiveram um nível de comprometimento mediano, mas acreditam que os objetivos foram claros e o pesquisador esteve receptivo para ajudar, resultando em uma autoavaliação boa do aprendizado obtido. Um destaque foi observado ao questioná-los sobre o ponto mais relevante, e para 40,6% da turma A e 71,4% da turma B o uso da RV foi o mais atrativo, com destaque para a sensação de imersão, com indícios de relação aos atributos gráficos do aplicativo.

### 4. Discussões

De posse dos resultados, foi possível identificar as principais dificuldades para implementação da proposta, delimitadas através da observação do pesquisador e do teste de satisfação, chegando em 5 tópicos: metodologia; tecnologia; tempo; docência e apoio. Estes são detalhados através da perspectiva do pesquisador e o diálogo entre os trabalhos relacionados alertando sobre os pontos mais delicados para sua implementação [Silva 2023].

Em paralelo, os processos de desenvolvimento e validação das ferramentas foram realizados com sucesso, tendo um custo relativamente baixo em função da qualidade, alcance e disponibilidade ofertadas, (i.e., ER = US\$ 200, SV Android = US\$ 50 e RV

= US\$ 85). Os métodos de criação foram descritos detalhadamente na dissertação deste projeto para auxiliar pesquisadores em trabalhos similares, assim como a integração da ferramenta com a didática de implementação.

Já para os benefícios das ferramentas, os resultados foram expressivamente significativos com a afinidade demonstrada por quase a totalidade dos participantes. Dentre as variáveis encontradas para qualificar, são destacadas: **estimulantes; dinâmicas; interativas; inovadoras; e instrutivas**, em que a ferramenta de RV teve o melhor resultado, sendo citada por uma parcela expressiva dos alunos, tendo relação direta na motivação para realização das atividades.

Já para a questão de avaliação da proposta, os dados quantitativos e qualitativos obtidos convergem para apontar indícios da sua eficácia para o ensino e aprendizagem dos temas de Física. Dessa forma, foi ampliado o formato avaliativo divergindo de grande parte dos trabalhos relacionados [Silva 2023] e gerando recomendações para preencher lacunas avaliativas.

Por fim, foram realizadas correções e adaptações, resultando na confecção do Produto Educacional **Navegando nas ondas eletromagnéticas: uma Sequência Didática de ABP voltada ao estudo da propagação dos raios X**. [Silva et al. 2023] o qual reúne todas as ferramentas em uma proposta de ABP flexível e contextualizada. Da mesma forma, os resultados positivos com o Ambiente de RV fomentaram uma atualização da ferramenta, expandindo suas funcionalidades iniciais para uma réplica virtual do **Espaço Maker Rivelino Lima**, no período de 2022, possibilitando o treinamento de alunos em equipamentos como cortadora a laser CNC, impressora 3D e pilotagem de drones (Figura 1). Dessa forma, o aplicativo Makerverso, atualmente em processo de registro, integrou algumas características de um Metaverso [Mystakidis 2022], e da Cultura Maker [Bremgartner et al. 2022], para criar um pioneiro ambiente de aprendizagem imersivo e interativo.

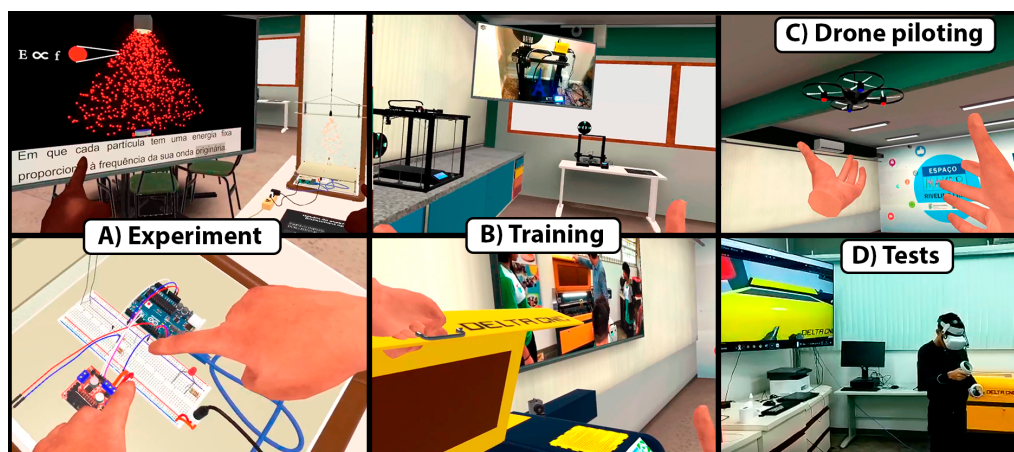


Figura 1. Algumas funcionalidades do aplicativo Makerverso.

## 5. Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo criar uma Sequência Didática fundamentada metodologicamente na ABP, privilegiando a ER, SV mobile e RV, para o estudo da propagação

eletromagnética, com flexibilidade no formato de implementação, podendo ser aplicada presencialmente e remotamente, assim como diferentes tempos de aplicação.

O fator inovador dessa proposta reside ao estudar o mesmo fenômeno físico em diferentes formas e por diferentes tecnologias, tendo um caráter complementar, ou que possa ser adaptado separadamente em diferentes contextos educacionais, dessa forma, promovendo a democratização ao acesso às ferramentas de prática experimental.

Entre as contribuições desse trabalho foram destacadas a implementação da proposta com sua Sequência Didática, assim como a apresentação de uma alternativa para a construção das ferramentas de prática de que trata esse trabalho, assim como buscar evidências dos seus benefícios. E por fim, foi avaliado o impacto da proposta para o ensino da propagação eletromagnética, em que os resultados estatísticos de avaliações, subjetivos da análise do trabalho final e da satisfação dos alunos, convergiram para encontrar indícios da sua eficácia.

Por fim, o aplicativo de RV Makerverso superou as expectativas sendo descrito pelos participantes como altamente motivador, interativo e imersivo. Dessa forma, recomenda-se fortemente a continuação dessa pesquisa em trabalhos futuros.

## Referências

- Bender, W. N. (2012). *Project-based learning: Differentiating instruction for the 21st century*. Corwin Press.
- Beraldo, A. L. d. S., de Oliveira, T., e Stringhini, D. (2021). Laboratórios remotos e virtuais no brasil com foco no ensino: Uma revisão sistemática da literatura. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 19(1):330–340.
- Branco, M., Coelho, L. A., e Alves, G. R. (2017). Estudo comparativo entre laboratórios remotos e simuladores. In *TICAI 2017 TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería*, page 117–123. IEEE.
- Bremgartner, V., Fernandes, P., Jeanne, S., e Souza, J. C. (2022). Project-based learning applied to initial and continuing training courses in the maker culture. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 17(3):1942–1956.
- Cordeiro, M. D. e Peduzzi, L. O. Q. (2013). Consequências das descontextualizações em um livro didático: uma análise do tema radioatividade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(3):3602.
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1):486–497.
- Silva, I. M. (2023). Experimentação remota e simulações 3d aplicadas ao estudo da propagação das ondas eletromagnéticas por meio da aprendizagem baseada em projetos. Master's thesis, Instituto Federal do Amazonas, Disponível em: <http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/handle/4321/1418>.
- Silva, I. M., Frota, V. B., e Cavalcante, M. A. (2023). *Navegando nas ondas eletromagnéticas: uma sequência didática de ABP voltada ao estudo da propagação dos raios X*. IFAM library, Disponível em: <http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/handle/4321/1419>.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., e Perkins, K. K. (2008). Phet: Simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902):682–683.