



Artigo

Projeto de criação de um simulador didático 3D de um laboratório de eletricidade

Daniel C. de C. Crisóstomo ¹, Erick A. G. de Oliveira ², Adriano A. F. de Moura ³

¹Ufersa; daniel.crisostomo@ufersa.edu.br

²Ufersa; erick.oliveira64338@alunos.ufersa.edu.br

³Ufersa; adrianoaron@ufersa.edu.br

Recebido: 11/04/2026;

Aceito: 15/07/2026;

Publicado: 15/07/2026;

Resumo: Este estudo apresenta a criação e avaliação de um simulador didático tridimensional baseado no Laboratório de Eletricidade e Medidas Elétricas de uma universidade, com o objetivo de apoiar o ensino de Lei de Ohm e circuitos série e paralelo em um ambiente virtual seguro e interativo. A proposta insere-se no contexto da ampliação do ensino remoto, intensificada pela pandemia de COVID-19, e da necessidade de reduzir riscos e custos em atividades práticas. O ambiente foi modelado na plataforma Unity 3D, com programação em C#, buscando replicar fielmente o laboratório físico e permitir medições e interações realistas. Testes funcionais foram realizados para verificar a coerência dos resultados simulados e a usabilidade do sistema. Adicionalmente, a avaliação com 40 alunos indicou alta aceitação da ferramenta, com mais de 84% relatando facilidade de uso e aproximadamente 90% avaliando positivamente o apoio ao aprendizado teórico. Os resultados também evidenciaram aumento na percepção de aprendizado e maior confiança no manuseio dos equipamentos após a utilização do simulador, especialmente quando associado à prática presencial. O simulador foi registrado como Programa de Computador no INPI. Conclui-se que a ferramenta constitui um recurso complementar promissor para a aprendizagem e para a preparação prévia às atividades laboratoriais presenciais.

Palavras-chave: Simulador 3D; Realidade Virtual; Ensino de Eletricidade.

Design and Development of a 3D Educational Simulator for an Electricity Laboratory

Abstract: This study presents the development of a three-dimensional educational simulator based on an Electrical Circuits and Measurements Laboratory, aiming to support the teaching of Ohm's Law and series and parallel circuits in a safe and interactive virtual environment. The proposal is framed within the context of the expansion of remote education, intensified by the COVID-19 pandemic, and the need to reduce risks and costs associated with practical activities. The environment was developed using Unity 3D, with C# programming, seeking to faithfully replicate the physical laboratory and enable realistic measurements and interactions. Functional tests were conducted to verify the consistency of the simulated results and the system's usability. Additionally, an evaluation involving 40 students indicated high acceptance of the tool, with over 84% reporting ease of use and approximately 90% positively assessing its contribution to theoretical learning. The results also showed an increase in perceived learning and greater confidence in handling laboratory equipment after using the simulator, especially when combined with hands-on practice. The simulator was registered as a Computer Program at the Brazilian National Institute of Industrial Property (INPI). It is concluded that the tool represents a promising complementary resource for learning and for prior preparation for in-person laboratory activities.

Keywords: 3D simulator; Virtual Reality; Teaching in electricity.

1. INTRODUÇÃO

O avanço das tecnologias digitais tem transformado significativamente os processos de ensino e aprendizagem, especialmente nas áreas das Ciências Exatas e Engenharias. Recursos computacionais como modelagem, simulação e ambientes imersivos ampliaram as possibilidades pedagógicas, permitindo que fenômenos complexos sejam explorados de maneira interativa e visual [1]. No ensino sobre os conceitos básicos em eletricidade, tais ferramentas contribuem para a superação de dificuldades conceituais historicamente associadas à abstração matemática e à dissociação entre teoria e prática.

A pandemia de COVID-19 intensificou esse movimento ao exigir a migração emergencial das atividades presenciais para o formato remoto, regulamentado por diversas instituições de ensino superior. Embora plataformas síncronas tenham viabilizado a continuidade das aulas teóricas, a realização de práticas laboratoriais tornou-se um desafio significativo, sobretudo em disciplinas que envolvem manipulação de componentes elétricos e instrumentos de medição. Nesse contexto, emergiu a necessidade de soluções que garantissem segurança, interatividade e manutenção dos objetivos pedagógicos. Em treinamentos que envolvem atividades de alta periculosidade, nas quais há riscos de lesões físicas, mortes, danos a equipamentos de elevado custo e até prejuízos à própria planta industrial, o uso de simuladores apresenta vantagens significativas. Esses recursos proporcionam maior segurança e controle durante o processo de aprendizagem, além de permitir a repetição das atividades quantas vezes forem necessárias, favorecendo a fixação do conteúdo. Adicionalmente, contribuem para a redução de custos associados a acidentes e danos operacionais [2].

Portanto, este trabalho tem como objetivo apresentar a criação de um simulador tridimensional por meio da plataforma Unity 3D, cuja estrutura é baseada no Laboratório de Eletricidade e Medidas Elétricas da UFERSA (Universidade Federal Rural do Semi-Árido), localizada na cidade de Mossoró/RN. No software, são propostos dois experimentos distintos, nos quais o usuário é conduzido às boas práticas laboratoriais conforme um roteiro previamente elaborado. Além disso, o simulador incorpora recursos didáticos que desafiam o estudante a realizar as atividades de forma correta, evitando erros que, em um ambiente físico com equipamentos reais, poderiam ocasionar riscos ao aluno e danos aos equipamentos.

2. SIMULADORES E REALIDADE VIRTUAL

Os simuladores virtuais têm se destacado como ferramentas de relevância crescente no campo da educação, proporcionando uma abordagem inovadora para o ensino e aprendizagem. Com o avanço da tecnologia e a crescente integração da informática no ambiente educacional, essas soluções virtuais vêm desempenhando um papel fundamental ao oferecer experiências imersivas e interativas, permitindo aos estudantes explorar e compreender conceitos complexos de forma prática e segura. Por meio dessas simulações, os educadores podem proporcionar um ambiente simulado que replica situações da vida real, abrindo caminho para uma aprendizagem mais envolvente e aplicada. Aqui, serão destacadas algumas destas ferramentas no contexto do ensino de Física e Engenharia.

Idealizado por [3], através do software GeoGebra, foi feita uma prática com o objetivo de ter uma melhor compreensão sobre um determinado assunto de Física, que se trata da criação de um simulador virtual sobre o movimento harmônico simples, sendo de fácil manipulação para ajustes desejados pelo usuário.

O software idealizado por [4] apresenta um sistema também feito no software GeoGebra, implementando simulação de associação de resistores e 1ª Lei de Ohm, além de possibilitar a realização de medições de tensão e corrente utilizando equipamentos semelhantes aos utilizados no laboratório físico.

O projeto PhET [5] desenvolveu mais de 80 simulações interativas, que vão desde tópicos da física com aplicações no mundo real, bem como também nas matérias de química, matemática, biologia e ciências da Terra. O seu grau de detalhamento e eficiência tem um custo: uma simples simulação requer vários meses para sua criação, tem entre 10000 e 20000 linhas de código e é testada por meio de entrevistas com estudantes.

Quando se fala na realidade virtual em um ambiente educativo, a menção ao ambiente virtual criado por [6] é relevante, no qual é possível que um professor ministre suas aulas e se comunique com os alunos; estes, por sua vez, podem interagir com o ambiente 3D para pôr em prática o que foi ensinado, sendo também capazes de manipular equipamentos que na realidade seriam muito perigosos.

Diante do panorama apresentado, é possível identificar lacunas que os simuladores existentes não atendem de forma satisfatória no contexto do ensino de eletricidade básica em cursos de engenharia. O PhET, embora amplamente utilizado, oferece simulações bidimensionais e esquemáticas, sem reproduzir o ambiente físico real de um laboratório. Simuladores como o Crocodile Physics e o Multisim focam na representação de circuitos elétricos em diagramas abstratos, não proporcionando ao estudante a familiaridade com o espaço físico, os equipamentos reais e as boas práticas laboratoriais. O ambiente virtual proposto por [6], por sua vez, é voltado para interação social e ministração de aulas, não sendo orientado à execução guiada de experimentos com feedback imediato sobre erros

procedimentais. O simulador desenvolvido no presente trabalho diferencia-se por reproduzir fielmente o ambiente físico do Laboratório de Eletricidade e Medidas Elétricas da UFERSA em três dimensões, conduzindo o estudante por um roteiro experimental estruturado, incorporando mecanismos deliberados de erro e feedback imediato, e simulando situações de risco — como sobrecarga de componentes — que não seriam replicáveis com segurança em laboratório real. Essa abordagem atende a uma necessidade específica não contemplada pelas ferramentas do estado da arte: a preparação procedimental e segura do estudante de engenharia para a prática laboratorial presencial.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho foi dividida em duas etapas. A primeira etapa compreendeu a construção do simulador, envolvendo o estudo prévio, a modelagem do ambiente, os testes funcionais e a concepção do ambiente de simulação, com o objetivo de trazer maior imersividade ao aluno, aliando engajamento e aprendizado em sua experiência. A segunda etapa tratou da mensuração da efetividade da ferramenta de aprendizado por meio da aplicação do simulador a alunos de diferentes turmas.

A primeira etapa teve duração de aproximadamente 10 meses e resultou em um projeto com cerca de 8.000 linhas de código em C#. O fluxo de desenvolvimento seguiu a seguinte sequência: (i) levantamento fotográfico e de dimensões do laboratório físico; (ii) modelagem tridimensional do ambiente e dos equipamentos utilizando o ProBuilder, ferramenta integrada ao Unity 3D; (iii) programação da lógica dos experimentos, dos mecanismos de feedback e das interações do usuário com o ambiente, realizada no Microsoft Visual Studio com linguagem C#; e (iv) compilação, testes funcionais e ajustes iterativos até a versão final do executável. Os formulários de avaliação — Pré-Laboratório e Pós-Laboratório — foram elaborados e disponibilizados digitalmente por meio da plataforma Google Forms, sendo respondidos pelos alunos em seus próprios dispositivos.

Para a execução do simulador, a configuração mínima recomendada é: sistema operacional Windows 10 (64 bits), processador dual-core de 2,0 GHz, 8 GB de memória RAM e 256 GB de armazenamento em SSD. Não é necessária placa de vídeo dedicada para a execução básica do simulador. O acesso ao simulador se dá por meio de um arquivo executável (.exe), sem necessidade de instalação de softwares adicionais pelo usuário final; basta executar o arquivo diretamente no computador.

O Unity foi o software selecionado para a criação do laboratório virtual. Desenvolvido por David Helgason, Nicholas Francis e Joachim Ante em 2005, o Unity é amplamente utilizado para a criação de jogos de diversos gêneros, como, por exemplo, jogos de aventura, como Cuphead; jogos de cartas, como Hearthstone; e jogos educativos, como o desenvolvido por [7]. A linguagem de programação C# é a adotada pelo Unity e foi a usada para a criação do projeto. Na construção e compilação dos scripts, é usado o Microsoft Visual Studio, plataforma onde são aceitas diversas linguagens, entre elas estão presentes JavaScript, Python, CSS, C#, entre outros tipos.

A modelagem dos objetos foi realizada de duas formas: a primeira foi captar objetos prontos, através de sites que tinham a opção de adquiri-los gratuitamente (citados no software); a segunda maneira foi a modelagem através do software ProBuilder, por ser um pacote fornecido pelo Unity, onde é possível a criação de peças dentro da plataforma, fazendo assim com que não seja preciso exportar de outro programa escolhido para a plataforma criadora de jogos. A modelagem do laboratório foi baseada tanto no roteiro da prática Lei de Ohm utilizado na disciplina de Eletricidade Básica, como também teve inspiração no local físico. Com relação ao roteiro, foi realizada uma visita nas cenas que compõem o simulador, onde iria-se encontrar informações sobre as necessidades para a realização do experimento, como por exemplo, os materiais que são necessários para a execução da prática, como os resistores, a protoboard, a fonte de alimentação CC e o multímetro, que foram modelados posteriormente a construção da estrutura do laboratório virtual.

A modelagem do laboratório objetiva fidedigna visualização dos seus componentes e ambiente físico, para maior familiaridade e imersão na experiência do simulador. Em se tratando do roteiro da Lei de Ohm, foi escolhido o Laboratório de Eletricidade e Medidas Elétricas, ilustrado na Figura 1. Lá, o aluno tem a completa estrutura física e de equipamentos que possibilitam a realização desta prática, como os multímetros, protoboards, resistores, fontes CC, entre outros.



FIGURA 1. Vista real do laboratório e bancada modelada no software

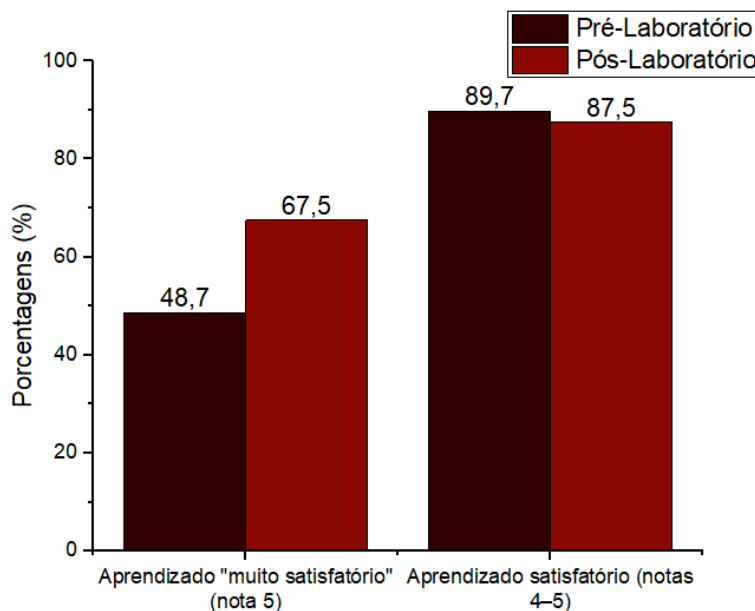
Para mensurar o impacto educacional do simulador, foram aplicados dois formulários (Apêndices A1 e A2) estruturados a alunos de disciplinas que, além de estudarem o conteúdo teórico pertinente, também realizariam a prática laboratorial presencial nas instalações da universidade. A Tabela 1 descreve o público-alvo da avaliação, enquanto o Gráfico 1 ilustra as diferenças dos resultados das questões repetidas nos cenários pré e pós laboratório.

TABELA 1. Turmas participantes da avaliação do simulador

<i>Turma</i>	<i>Nº de alunos</i>	<i>Período</i>
Eletrotécnica para Engenharia Mecânica	2	2022.1
Curso FIC – Eletricista de Sistemas Renováveis (ENERGIFE)	15	2022.2
Eletrotécnica para Engenharia Mecânica	8	2022.2
Eletrotécnica para Engenharia Mecânica	4	2023.1
Curso FIC – Eletricista de Sistemas Renováveis (ENERGIFE)	11	2026.1
Total	40	

Fonte: autoria própria

GRÁFICO 1. Resultados comparativos dos questionários pré e pós laboratório.



Fonte: autoria própria

O protocolo consistiu na aplicação de dois formulários distintos. O simulador foi utilizado pelos alunos no laboratório de informática da instituição, onde os computadores já se encontravam devidamente configurados com todos os softwares necessários instalados, dispensando a necessidade de instalação individual por parte dos estudantes. O Formulário Pré-Laboratório foi disponibilizado após o uso do simulador, antes da prática presencial, verificando a percepção dos alunos sobre usabilidade e aprendizado teórico. O Formulário Pós-Laboratório foi aplicado após a prática em laboratório real, identificando o impacto da experiência virtual na segurança e confiança ao manusear equipamentos reais. As respostas foram coletadas em escala de 1 a 5; questões binárias (Sim/Não) complementaram

R4EM, v. 8, n. 1, p.30-39 2026

DOI: <https://doi.org/10.21708/issn27635325.v8n1.al.15355.2026>

a caracterização do perfil dos participantes.

4. RESULTADOS

O simulador de atividades no laboratório de eletricidade, produto principal deste trabalho, está certificado como Programa de Computador Registrado sob processo N° BR512021002998-4 pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), válido por 50 anos a partir de 1° de janeiro subsequente a data de 07/11/2021, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de fevereiro de 1998. O registro no INPI garante a autoria e os direitos patrimoniais dos desenvolvedores, mas não restringe o uso educacional da ferramenta. O simulador está disponível para uso por outras instituições de ensino mediante contato com os autores, visando contribuir com a popularização do ensino de eletricidade e com o estado da arte em simuladores educacionais.

4.1. Aspectos construtivos do simulador

O simulador foi concebido para replicar fielmente o Laboratório de Eletricidade e Medidas Elétricas, contemplando dois experimentos: a verificação experimental da Lei de Ohm e a análise de circuitos em série e em paralelo. A Figura 2 apresenta a tela inicial do ambiente virtual, a partir da qual o aluno acessa as opções de prática, navegação e controles do simulador. O ícone utilizado no botão "Iniciar" é o símbolo internacional de risco de choque elétrico, adotado de forma intencional como elemento temático que reforça o contexto do simulador — um laboratório de eletricidade — e alerta, desde o primeiro contato, para a natureza dos experimentos realizados e para a importância das boas práticas de segurança elétrica.



FIGURA 2. Tela inicial do simulador

Do ponto de vista pedagógico, o simulador incorpora três mecanismos deliberados de desafio ao estudante: (i) oferta de opções incorretas de posicionamento do resistor na protoboard, com feedback imediato e explicação do erro; (ii) inclusão de um resistor propositalmente defeituoso, cujos valores de medição divergem do esperado pela Lei de Ohm, simulando componente fora de tolerância; e (iii) simulação térmica de um resistor submetido a sobrecarga de corrente (25 V), com emissão de fumaça, replicando dano comum em laboratórios físicos. Esses elementos foram implementados em C# na plataforma Unity 3D e visam desenvolver a capacidade de diagnóstico e resolução de problemas práticos. As Figuras 3 e 4 ilustram as ações i, ii e iii em telas do simulador em funcionamento. A Figura 3 contempla os mecanismos i e ii (posicionamento incorreto e resistor defeituoso, ambos perceptíveis na tela de montagem da protoboard), enquanto a Figura 4 ilustra o mecanismo iii (resistor em sobrecarga). As ações i e ii foram agrupadas em uma única figura por ocorrerem na mesma interface do simulador:

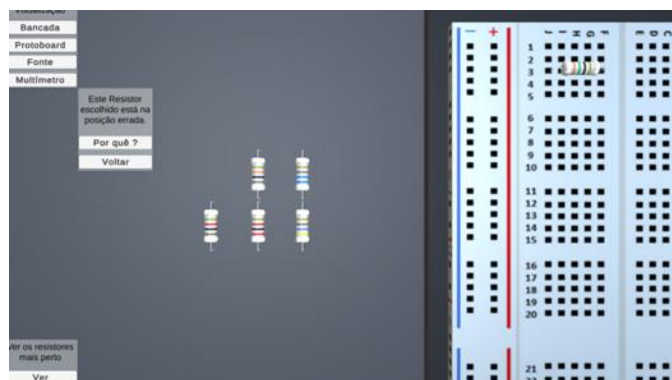


FIGURA 3. Posicionamento dos resistores na protoboard

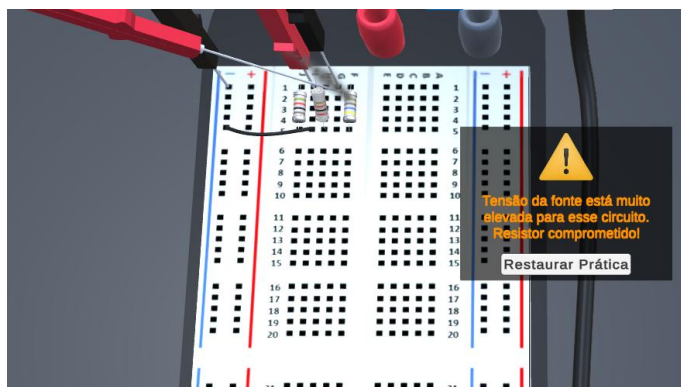


FIGURA 4. Resistor em sobrecarga, emitindo fumaça

A precisão das simulações foi validada pela consistência dos valores numéricos gerados. Para um resistor de $35\ \Omega$ submetido a uma tensão de $2,53\ \text{V}$, a corrente calculada pela Lei de Ohm é de $72,29\ \text{mA}$, valor compatível com o exibido no multímetro virtual dentro da tolerância de $\pm 5\%$, conforme ilustram as Figura 5(a) e 5(b). Os valores de resistência são gerados aleatoriamente nessa faixa a cada simulação, garantindo variabilidade e realismo.

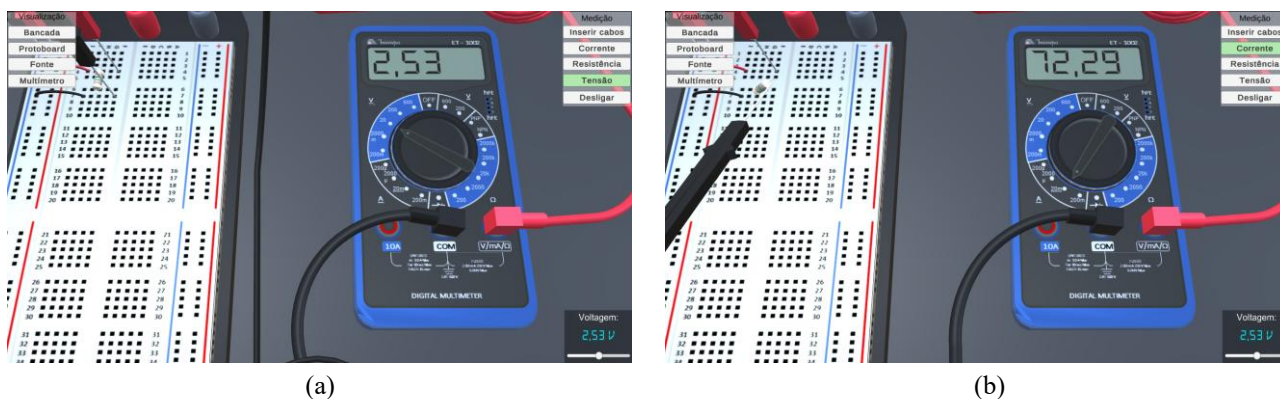


FIGURA 5. a) medição de tensão; b) medição de corrente

4.2. Impacto educacional: análise dos questionários

Dos 40 alunos participantes (de um total de aproximadamente 52 alunos matriculados nas turmas envolvidas), 33 (84,6%) relataram experiência com jogos de simulação 3D e 21 (53,8%) já haviam utilizado simuladores para fins educacionais, indicando boa aptidão do público-alvo para a interação com a ferramenta. Quanto à usabilidade, 23 alunos (59%) relataram nenhuma dificuldade (nota 1 na escala de 1 a 5) e 10 (25,6%) dificuldade leve (nota 2), totalizando 84,6% com facilidade de uso. Apenas 1 aluno atribuiu nota máxima de dificuldade (nota 5).

No que tange ao aprendizado do conteúdo teórico, avaliado antes da prática presencial, os resultados foram expressivos: 19 alunos (48,7%) atribuíram nota 5 (“muito satisfatório”) e 16 (41%) nota 4, perfazendo 89,7% dos participantes com avaliação positiva (notas 4 ou 5). Nenhum aluno pontuou abaixo de 3. Adicionalmente, 37 alunos (97,4%) manifestaram interesse em participar de outras práticas em ambiente 3D, evidenciando alta aceitação da metodologia.

4.2.1. Formulário Pós-Laboratório

Após a prática presencial, os alunos responderam ao segundo questionário. Quanto à importância da similaridade entre o ambiente virtual e o laboratório físico, 26 alunos (65%) atribuíram nota 5 (“muito importante”) e 9 (22,5%) nota 4, totalizando 87,5% com avaliação positiva. Esse resultado corrobora a decisão de modelar o ambiente com alta fidelidade ao laboratório físico real.

Sobre a segurança e confiança no manuseio dos equipamentos após o uso do simulador, 21 alunos (52,5%)

escolheram nota 5 (“muito mais confiança e segurança”) e 14 (35%) nota 4, com 87,5% dos participantes reportando melhora significativa. Apenas 5 alunos atribuíram nota 3, e nenhum pontuou abaixo disso.

A questão referente ao aprendizado teórico, repetida no pós-laboratório para fins comparativos, revelou avanço notável: o percentual de nota 5 subiu de 48,7% para 67,5%, enquanto o de nota 4 recuou de 41% para 20%. Isso indica que a combinação sequencial do simulador com a prática presencial é mais eficaz do que cada experiência de forma isolada, em alinhamento com abordagens de aprendizagem ativa [5]. A Tabela 2 sintetiza os principais resultados comparativos entre os dois questionários.

TABELA 2. Resultados comparativos dos questionários pré e pós laboratório.

<i>Indicador</i>	<i>Pré-Laboratório</i>	<i>Pós-Laboratório</i>
Aprendizado "muito satisfatório" (nota 5)	48,7%	67,5%
Aprendizado satisfatório (notas 4–5)	89,7%	87,5%
Confiança no manuseio (notas 4–5)	-	87,5%
Similaridade virtual/real (notas 4–5)	-	87,5%
Interesse em mais práticas 3D	97,4%	-

Fonte: autoria própria

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou a criação e a avaliação de um simulador didático 3D de laboratório de eletricidade básica, construído na plataforma Unity 3D com programação em C#, e registrado junto ao INPI como Programa de Computador (processo Nº BR512021002998-4). O simulador modela fielmente o laboratório físico e oferece dois experimentos: verificação da Lei de Ohm e análise de circuitos em série e paralelo.

Os questionários aplicados a 40 alunos de cinco turmas demonstraram impacto positivo do simulador. Antes da prática presencial, 89,7% dos alunos avaliaram o aprendizado proporcionado pelo simulador com nota 4 ou 5 (escala Likert de 1 a 5). Após a prática laboratorial física, o percentual com nota máxima subiu de 48,7% para 67,5%, sugerindo que a combinação sequencial das duas experiências é mais eficaz do que cada uma isoladamente. Com relação à segurança no manuseio dos equipamentos reais, 87,5% relataram maior confiança após o uso do simulador, validando seu objetivo central de preparação prévia e segura para a atividade presencial.

A alta fidelidade do ambiente virtual ao físico, ressaltada por 87,5% dos participantes como muito importante ou importante, confirma a relevância da decisão de modelar o espaço com base no local real. Os elementos pedagógicos deliberados — resistor defeituoso, feedback de posicionamento incorreto e simulação de dano por sobrecarga — mostraram-se eficazes para expor o aluno a situações próximas das encontradas em laboratórios reais, sem os riscos associados.

Como limitação do estudo, destaca-se o tamanho reduzido da amostra ($n = 40$), distribuída em diferentes períodos letivos, o que restringe a generalização dos resultados. Trabalhos futuros devem ampliar a amostra, incluir grupos de controle e adotar instrumentos padronizados para análise estatística mais robusta. Novos módulos experimentais podem ser incorporados ao simulador, expandindo sua cobertura para outros conteúdos da engenharia elétrica.

AGRADECIMENTOS

Registra-se o agradecimento ao Núcleo de inovação Tecnológica (NIT) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido pelo suporte na certificação do projeto junto ao INPI.

REFERÊNCIAS

- [1] Fiolhais, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, p. 259-272, 2003.
- [2] SANTOS, Fernando Kayro Pereira dos; RAMOS, Jordan Gabriel Lemes; MATSUEDA, Lucas Carvalho Oliveira. Uso de simuladores como alternativa de treinamento. *Repositório Institucional da Faculdade Alfa Unipac*, 2020. Disponível em:

https://repositorio.alfaunipac.com.br/publicacoes/2020/558_uso_de_simuladores_como_alternativa_de_treina_mento.pdf. Acesso em: 30 jun. 2024. Autor, A.B. Título do Capítulo. In: Editor, E. (Ed.). Título do Livro. Local: Editora, Ano. p. xx-yy.

- [3] SOARES, Antonio Augusto; GUERREIRO, Luis Gustavo Jayme. Laboratório virtual para o ensino da 1ª Lei de Ohm e associação de resistores. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 13, n. 1, 2020.
- [4] SOARES, Antonio Augusto; GUERREIRO, Luis Gustavo Jayme. Laboratório virtual para o ensino da 1ª Lei de Ohm e associação de resistores. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 13, n. 1, 2020.
- [5] Wieman, Carl E.; ADAMS, Wendy K.; PERKINS, Katherine K. PhET: Simulations that enhance learning. Science, v. 322, n. 5902, p. 682-683, 2008.
- [6] Aydogan, Hakan et al. 3D virtual classroom environment for teaching renewable energy production and substation equipment. International Journal of Electrical Engineering Education, v. 48, n. 3, p. 294-306, 2011
- [7] Henriques, Horácio BM et al. Léo & Maya: um jogo para auxiliar no ensino de pensamento computacional. In: Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital. SBC, 2021. P. 705-708.
- [8] UNITY TECHNOLOGIES. Unity 3D. Versão 2020.3. San Francisco: Unity Technologies, 2020. Disponível em: <https://unity.com>. Acesso em: 30 jun. 2024.
- [9] UNITY TECHNOLOGIES. ProBuilder. Disponível em: <https://unity.com/features/probuilder>. Acesso em: 30 jun. 2024.
- [10] MICROSOFT. Visual Studio. Disponível em: <https://visualstudio.microsoft.com>. Acesso em: 30 jun. 2024.

APÊNDICE A1

Questionário do uso do Simulador de Laboratório de Eletricidade (pré laboratório)

Este questionário deve ser utilizado antes da prática ser realizada em um laboratório físico.

1. Você já jogou algum jogo de simulação 3D em que você controla um personagem?

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

2. Você sentiu dificuldades no uso do simulador?

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Nen ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muita dificuldade

3. Você já utilizou algum simulador 3D para fins educacionais?

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

-
4. Em termos de rendimento, o quanto você aprendeu em relação ao conteúdo teórico?

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Muit ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito satisfatório

5. Você gostaria de realizar outras práticas laboratoriais utilizando uma simulação em ambiente 3D?

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

Formulário Questionário do uso do Simulador de Laboratório de Eletricidade (pós laboratório)

Este questionário deve ser utilizado após da prática ser realizada em um laboratório físico.

1. Quão importante é a similaridade do ambiente virtual em relação ao real?

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Indi ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito importante

2. Quão mais seguro você se sentiu ao manusear os equipamentos do laboratório após a simulação?

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Não ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Tive muito mais confiança e segurança

3. Em termos de rendimento, o quanto você aprendeu em relação ao conteúdo teórico?

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Mui ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muito satisfatório