

RELATO DE EXPERIÊNCIA

A Importância do PhET em Aulas de Laboratório de Engenharia Elétrica

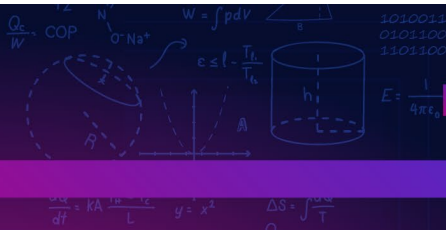
Vitor Amadeu Souza¹

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.

vitor.amadeu@foa.org.br
[0009-0002-1857-6799](tel:0009-0002-1857-6799)

Resumo: Este artigo apresenta uma análise sobre a potencial implementação de simulações do PhET (Physics Education Technology) em aulas de laboratório de Engenharia Elétrica. O PhET, desenvolvido pela Universidade do Colorado, oferece simulações interativas que permitem aos estudantes visualizar conceitos abstratos e fenômenos físicos difíceis de serem demonstrados em laboratórios físicos tradicionais. A metodologia proposta inclui a identificação de simulações específicas aplicáveis às disciplinas de Máquinas Elétricas, Eletromagnetismo e Eletricidade, bem como sugestões de integração dessas ferramentas com o currículo tradicional. O artigo discute os potenciais benefícios pedagógicos dessas simulações, como a visualização de fenômenos invisíveis, experimentação sem riscos e possibilidade de repetição ilimitada de experimentos. Conclui-se que o PhET representa uma ferramenta pedagógica potencialmente valiosa para o ensino de Engenharia Elétrica, especialmente quando integrado de forma planejada às atividades práticas tradicionais, potencializando o processo de ensino-aprendizagem e preparando os estudantes para os desafios contemporâneos da formação em engenharia.

Palavras-chave: PhET. Simulações Computacionais. Ensino de Engenharia Elétrica. Laboratórios Virtuais. Tecnologias Educacionais.



INTRODUÇÃO

O ensino de Engenharia Elétrica tradicionalmente requer recursos laboratoriais substanciais para que os estudantes possam desenvolver compreensão adequada dos fenômenos físicos subjacentes aos sistemas elétricos e eletrônicos. Entretanto, limitações como o alto custo de equipamentos, restrições de tempo, aula à distância, espaço físico insuficiente e questões de segurança frequentemente comprometem a qualidade das experiências práticas oferecidas aos alunos (FROYD et al., 2012).

Neste contexto, as simulações computacionais interativas emergem como ferramentas complementares valiosas para o ensino de engenharia. O projeto PhET (Physics Education Technology, disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR), desenvolvido pela Universidade do Colorado, destaca-se como uma das iniciativas mais bem-sucedidas nesta área, oferecendo simulações gratuitas, de código aberto e fundamentadas em pesquisas educacionais (WIEMAN et al., 2008).

De acordo com Perkins et al. (2006), as simulações PhET são projetadas para ajudar os estudantes a estabelecerem conexões entre fenômenos reais e teorias científicas subjacentes, através de interfaces intuitivas que convidam à exploração e descoberta. No caso específico da Engenharia Elétrica, o PhET oferece diversas simulações relacionadas a circuitos elétricos, eletromagnetismo, máquinas elétricas e outros tópicos fundamentais para a formação dos engenheiros eletrônicos.

Segundo estudos conduzidos por Finkelstein et al. (2005), a utilização de simulações computacionais em conjunto com atividades laboratoriais tradicionais pode proporcionar ganhos significativos na aprendizagem quando comparada à utilização exclusiva de laboratórios físicos. Isto se deve, em parte, à capacidade das simulações de permitirem a visualização de fenômenos invisíveis, como o fluxo de corrente elétrica, campos eletromagnéticos ou o funcionamento interno de máquinas elétricas, além de possibilitarem experimentações que seriam perigosas, complexas ou impossíveis em ambientes reais.

Conforme apontado por Zacharia e Olympiou (2011), outro benefício substancial das simulações computacionais é a possibilidade de os estudantes repetirem experimentos inúmeras vezes, com diferentes parâmetros, em um curto espaço de tempo, o que potencializa o desenvolvimento de intuições físicas sobre os sistemas

elétricos. Essa característica é particularmente relevante para disciplinas como Máquinas Elétricas, Eletromagnetismo e Eletricidade, onde a compreensão do comportamento dos sistemas frequentemente requer múltiplas interações e análises. Este artigo busca investigar, portanto, como as simulações PhET podem ser efetivamente integradas às aulas de laboratório dessas disciplinas específicas da Engenharia Elétrica, identificando seus potenciais benefícios pedagógicos e propondo estratégias para sua implementação.

METODOLOGIA

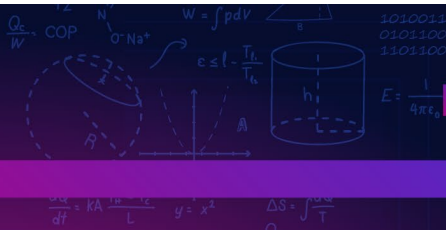
Para cada uma das disciplinas focais – Máquinas Elétricas, Eletromagnetismo e Eletricidade – foram identificadas simulações disponíveis na plataforma PhET que abordam conceitos centrais dessas áreas, apresentadas na Tabela 1, 2 e 3.

Tabela 1 - Simulações disponíveis no PhET para a disciplina Eletricidade

<p>Eletricidade</p>	<p>"Kit de Construção de Circuitos (AC+DC)" – Permite a montagem e análise de circuitos com diferentes componentes, fontes AC/DC e instrumentos de medição.</p> <p>"Circuitos de Corrente Contínua" – Foca na análise de circuitos DC, com ênfase em leis de Kirchhoff e comportamento de resistores.</p> <p>"Lei de Ohm" – Demonstra visualmente a relação entre tensão, corrente e resistência.</p> <p>"Resistência em um Fio" – Ilustra como as características físicas de um condutor afetam sua resistência elétrica.</p>
---------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: O Autor

Tabela 2 - Simulações disponíveis no PhET para a disciplina Eletromagnetismo



Eletromagnetismo	"Ímãs e Eletroímãs" – Permite visualizar campos magnéticos e explorar o eletromagnetismo. "Lei de Faraday" – Demonstra o fenômeno da indução eletromagnética. "Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos" – Visualiza a propagação de ondas eletromagnéticas no espaço.
------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: O Autor

Tabela 3 - Simulações disponíveis no PhET para a disciplina Máquinas Elétricas

Máquinas Elétricas	"Gerador" – Ilustra os princípios de funcionamento de geradores elétricos.
--------------------	----------------------------------------------------------------------------

Fonte: O Autor

Com base nas simulações disponíveis na plataforma PhET, é possível propor atividades integradas para o ensino de disciplinas como Eletricidade, Eletromagnetismo e Máquinas Elétricas, considerando o potencial didático de cada ferramenta. Para a disciplina de Eletricidade, destacam-se simulações como "Kit de Construção de Circuitos (AC+DC)", que permite a montagem de circuitos com diferentes componentes e fontes, possibilitando a visualização do comportamento dinâmico da corrente e da tensão; "Circuitos de Corrente Contínua", voltada para a análise de circuitos DC com foco nas Leis de Kirchhoff; "Lei de Ohm", que demonstra graficamente a relação entre corrente, tensão e resistência; e "Resistência em um Fio", que explora como o material, o comprimento e a espessura do fio influenciam sua resistência elétrica.

No campo do Eletromagnetismo, a simulação "Ímãs e Eletroímãs" proporciona uma introdução visual ao comportamento de campos magnéticos e à formação de eletroímãs. Já a simulação "Lei de Faraday" permite compreender o fenômeno da indução eletromagnética ao mover ímãs em bobinas e vice-versa, destacando a geração de corrente induzida. A simulação "Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos" é útil para visualizar como campos elétricos e magnéticos se

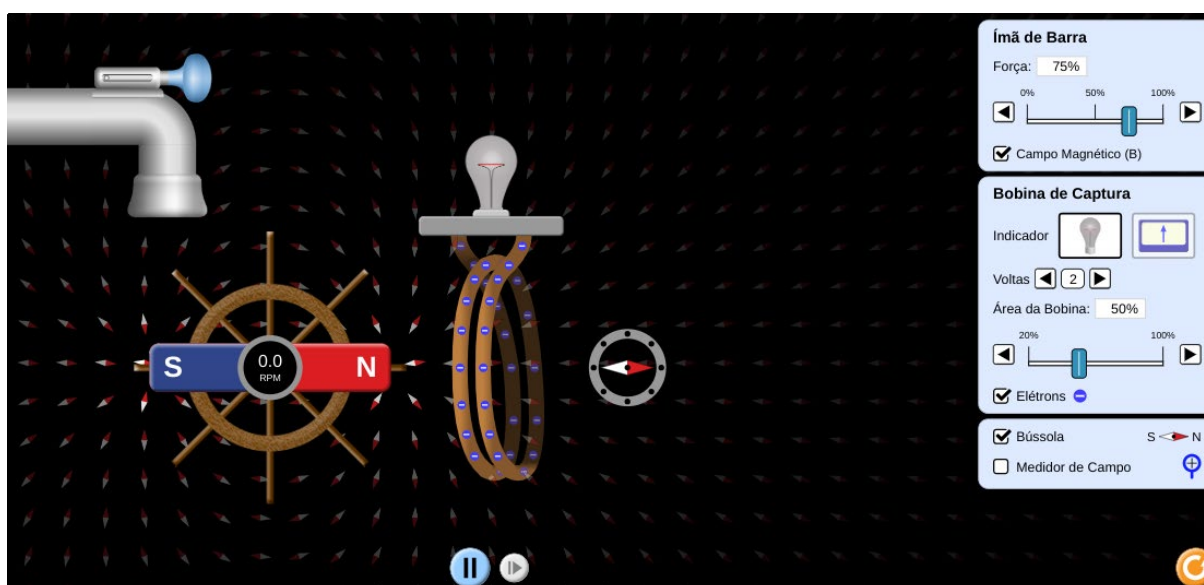
propagam juntos, formando ondas eletromagnéticas, sendo especialmente relevante para entender o conceito de radiação eletromagnética.

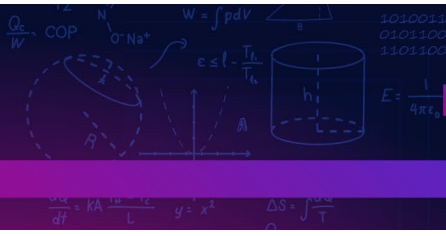
Para a disciplina de Máquinas Elétricas, destaca-se a simulação "Gerador", que ilustra de maneira clara o princípio de funcionamento de geradores elétricos por meio da rotação de uma espira em um campo magnético, mostrando a geração de corrente alternada e sua dependência de parâmetros como velocidade de rotação e intensidade do campo magnético.

A utilização dessas simulações permite a elaboração de roteiros pedagógicos que envolvam três etapas: (1) pré-laboratório, com uso das simulações para introdução conceitual e formação de hipóteses; (2) laboratório físico, com experimentos práticos e coleta de dados; e (3) pós-laboratório, com retomada das simulações para análise aprofundada e generalização dos conceitos. Essa abordagem favorece o aprendizado ativo, facilita a visualização de fenômenos abstratos e possibilita uma compreensão mais completa dos conteúdos abordados em disciplinas da área de eletrotécnica.

A Figura 1 apresenta o PhET com a simulação "Gerador" aberta, onde podemos observar os diversos parâmetros que podem ser alterados como quantidade de espiras, campo magnético, velocidade dentre outros.

Figura 1 – PhET simulando um Gerador





RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação de simulações PhET em disciplinas de Engenharia Elétrica apresenta potenciais significativos para ampliar a eficácia do processo de ensino-aprendizagem. Com base na análise das simulações disponíveis e na literatura científica sobre o tema, identificam-se diversos benefícios pedagógicos que merecem destaque.

A utilização do PhET nas disciplinas de Eletricidade, Eletromagnetismo e Máquinas Elétricas permite aos estudantes visualizarem fenômenos invisíveis a olho nu, como o fluxo de elétrons em um circuito, campos eletromagnéticos e linhas de força. Esta capacidade de tornar visível o invisível constitui-se como um diferencial expressivo em comparação aos laboratórios físicos tradicionais, onde tais fenômenos são frequentemente abstratos e de difícil compreensão. De acordo com Wieman et al. (2008), esta característica das simulações contribui significativamente para a construção de modelos mentais mais robustos sobre os sistemas elétricos.

Outro aspecto relevante observado é a possibilidade de experimentação sem riscos e com custo reduzido. Em disciplinas como Máquinas Elétricas, onde experimentos reais podem envolver equipamentos de alto custo e potenciais riscos elétricos, as simulações PhET proporcionam um ambiente seguro para que os estudantes testem hipóteses e explorem situações-limite que seriam impraticáveis em laboratórios convencionais. Esta característica alinha-se às observações de Finkelstein et al. (2005), que destacam como as simulações complementam o aprendizado laboratorial ao permitirem experimentações além dos limites físicos e orçamentários das instituições.

A flexibilidade e acessibilidade das simulações também se destacam como benefícios substanciais. Estudantes podem acessar as ferramentas PhET fora do horário de aula, repetindo experimentos, testando novas configurações e aprofundando sua compreensão em seu próprio ritmo. Esta possibilidade de aprendizado assíncrono e personalizado representa uma vantagem considerável, especialmente no contexto de ensino híbrido ou remoto, cenário cada vez mais comum na educação superior contemporânea.

CONCLUSÕES

Este artigo analisou o potencial de integração das simulações PhET em disciplinas de laboratório de Engenharia Elétrica, com foco em Eletricidade, Eletromagnetismo e Máquinas Elétricas. A partir da análise realizada, conclui-se que as simulações PhET constituem ferramentas pedagógicas valiosas para complementar o ensino tradicional dessas disciplinas, oferecendo benefícios significativos em termos de visualização de fenômenos complexos, experimentação segura e flexível, e desenvolvimento de habilidades analíticas.

A abordagem metodológica proposta, integrando atividades pré-laboratório, laboratório físico e pós-laboratório, apresenta-se como uma estratégia promissora para maximizar os benefícios pedagógicos das simulações sem comprometer a importância das experiências práticas em laboratórios físicos. Esta integração harmoniosa entre o virtual e o real reflete as tendências contemporâneas na educação em engenharia, alinhando-se às recomendações de pesquisadores como Wieman et al. (2008) e Zacharia e Olympiou (2011).

Contudo, identificam-se desafios importantes para a implementação efetiva dessas simulações, como a necessidade de adaptação para contextos mais avançados da engenharia e o desenvolvimento de materiais de apoio adequados. Pesquisas futuras poderiam explorar o desenvolvimento de simulações específicas para tópicos avançados de Engenharia Elétrica, bem como metodologias de avaliação quantitativa da eficácia dessas ferramentas no desenvolvimento de competências profissionais específicas.

Em suma, as simulações PhET representam um recurso pedagógico com potencial transformador para o ensino de Engenharia Elétrica, especialmente quando integradas de forma planejada e criteriosa às práticas laboratoriais tradicionais. Esta integração não apenas otimiza recursos e amplia possibilidades de experimentação, mas também prepara os futuros engenheiros para um cenário profissional crescentemente digital, onde simulações computacionais constituem ferramentas fundamentais de análise e projeto de sistemas elétricos.

REFERÊNCIAS

FROYD, J. E.; WANKAT, P. C.; SMITH, K. A. Five major shifts in 100 years of

engineering education. Proceedings of the IEEE, v. 100, p. 1344-1360, 2012.

WIEMAN, C. E.; ADAMS, W. K.; PERKINS, K. K. PhET: Simulations that enhance learning. Science, v. 322, n. 5902, p. 682-683, 2008.

PERKINS, K.; ADAMS, W.; DUBSON, M.; FINKELSTEIN, N.; REID, S.; WIEMAN, C.; LEMASTER, R. PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. The Physics Teacher, v. 44, n. 1, p. 18-23, 2006.

FINKELSTEIN, N. D.; ADAMS, W. K.; KELLER, C. J.; KOHL, P. B.; PERKINS, K. K.; PODOLEFSKY, N. S.; REID, S.; LEMASTER, R. When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. Physical Review Special Topics - Physics Education Research, v. 1, n. 1, p. 010103, 2005.

ZACHARIA, Z. C.; OLYMPIOU, G. Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. Learning and Instruction, v. 21, n. 3, p. 317-331, 2011.