

UTILIZAÇÃO DE UM LABORATÓRIO VIRTUAL DE FÍSICA ATRAVÉS DE PHYSLETS PARA CURSOS DE ENGENHARIA

Sérgio Ricardo Xavier da Silva – srxsilva@uneb.br
Universidade do Estado da Bahia (UNEB).
Departamento de Ciências Exatas e da Terra I (DCET I).
Rua Silveira Martins, 2555, Cabula.
41150-000 – Salvador – Bahia

Resumo: A necessidade de redução de custos, a falta de estrutura e número excessivo de alunos tem dificultado a realização de atividades experimentais em laboratórios de Física. Este artigo apresenta a simulação de um laboratório real de Física em um mundo virtual através de Physlets. Neste contexto, são descritas as principais características e potencialidades na utilização dos Physlets voltados ao ensino de Física e os resultados da aplicação dessa abordagem em cursos de Engenharia.

Palavras-chave: Physlets, Ensino de Engenharia, Ensino de Física, Laboratórios Virtuais, Tecnologia Educacional.

1 INTRODUÇÃO

Uma alternativa eficaz para aproveitamento do tempo disponível e melhoria do ensino de ciências básicas, tal qual a Física, consiste no uso de laboratórios virtuais. De acordo com Lima (2004), a possibilidade de realizar atividades experimentais em laboratórios virtuais como atividades complementares proporciona diversas vantagens econômicas e logísticas nas atividades de ensino da Física em cursos de Engenharia.

O objetivo desse artigo é apresentar o uso de *Applets Java*, chamados de *Physlets*, para o ensino de Física em cursos de Engenharia simulando um ambiente para atividades experimentais. Os *Physlets* permitem a criação e simulação de diversos cenários de aplicações no contexto da Física, o que proporciona uma nova gama de experimentos e simulações. Para avaliação dessa abordagem, foi realizada uma pesquisa de campo em duas turmas de Física Eletricidade do curso de Engenharia Elétrica em uma Universidade na cidade de Salvador – Bahia, durante o semestre letivo 2018-1.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte maneira. A Seção 2 descreve os principais conceitos e aplicações dos *Physlets* no ensino de Física. A Seção 3 traça um quadro comparativo entre os laboratórios reais e virtuais de Física. A Seção 4 apresenta a avaliação experimental do trabalho através da análise e discussões sobre os resultados obtidos na pesquisa. Por fim, a Seção 5 conclui o artigo apresentando as considerações finais referentes a esse trabalho.

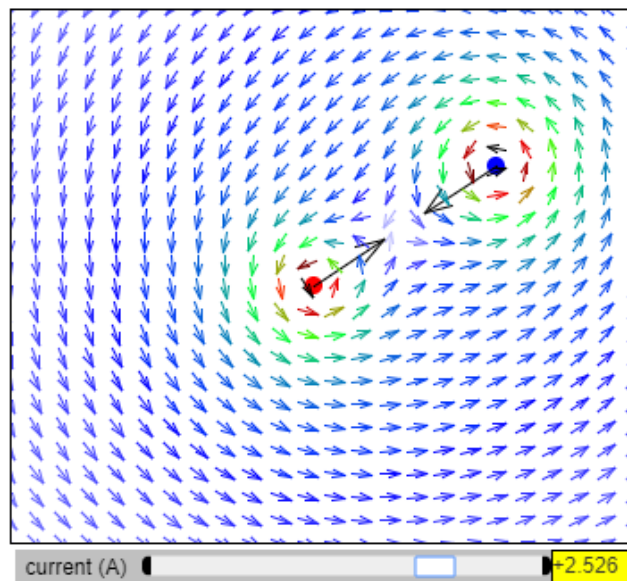
2 OS PHYSLETS

Resultados de pesquisas em ensino mostram que as ferramentas digitais mais eficientes são aquelas baseadas em métodos pedagógicos de aprendizagem ativa e colaborativa

(ALMEIDA, 2003). Nesse contexto, é razoável perguntar se é possível formar (ou complementar a formação) de um engenheiro utilizando laboratórios virtuais de Física.

Os *Physlets* são *Applets Java* desenvolvidos por Wolfgang Christian e sua equipe de colaboradores no *Davidson College*, voltados para o ensino de Física (CHRISTIAN, 1995). Os *Physlets* são simples, pequenos em termos de código e dedicados a abordar um determinado fenômeno físico. Por isso, ocupam pouco espaço em disco e podem ser facilmente executados em um navegador *Web*. A Figura 1, por exemplo, ilustra um *Physlet* que simula a força magnética entre fios paralelos.

Figura 1: Physlet para simulação da força magnética entre fios paralelos.



Fonte: <https://www.compadre.org/Physlets/electromagnetism/>

As simulações através de *Physlets* têm um impacto positivo quando são facilmente compreensíveis pelos estudantes, pois é possível relacionar o fenômeno (e.g. movimento, força, energia) com sua representação (e.g. funções, equações, gráficos). Outra facilidade bastante útil é executar os *Physlets* diretamente no ambiente *Moodle*¹, o qual é bastante utilizado por Instituições de Ensino Superior por ser gratuito (licença *GNU*)², portátil, passível de adaptação e customização.

Segundo Pulino (2005), o *Moodle* tem uma enorme vantagem em relação a outros sistemas gerenciadores de cursos, o sistema é um software livre que apresenta todas as funcionalidades e objetivos educacionais requeridos em um *LMS (Learning Management System)*. Esse importante fato implica na implantação sem qualquer custo, com a

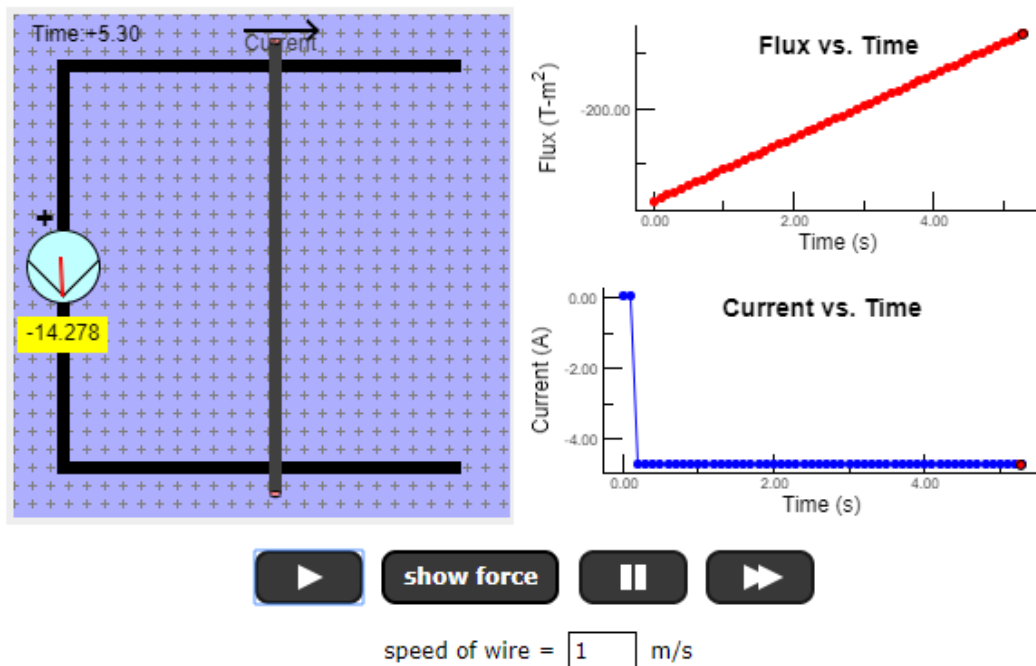
¹ *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment* - Moodle é um *software* livre, de apoio à aprendizagem, executado num ambiente virtual.

² Projeto GNU, em computação, é um projeto iniciado por Richard Stallman em 1984, com o objetivo de criar um sistema operacional totalmente livre, que qualquer pessoa teria direito de usar, modificar e redistribuir, o programa, seu código fonte, desde que garantindo para todos os mesmos direitos.

possibilidade de melhorias no sistema, adequando-o às necessidades pedagógicas e operacionais, personalizando o ambiente segundo as necessidades de cada curso ou disciplina.

Szpigel e Mustaro (2011) definem três formas de utilização para os *Physlets*: Ilustração, Exploração e Problemas; descritos a seguir. Quando o *Physlet* é utilizado como Ilustração, são utilizadas animações para introduzir novos conceitos ou apresentar simulações dinâmicas de fenômenos físicos. A utilização para exploração, enfatiza a navegabilidade através da qual os alunos são guiados por um roteiro que os orienta a observar o efeito da mudança de variáveis e/ou parâmetros. A partir desse ponto, podem realizar previsões que serão analisadas e comparadas com as observações. Por fim, quando a utilização do *Physlet* tem como objetivo a solução de problemas, as animações são usadas como parte integrante do processo de solução de problemas propostos, sem a orientação fornecida nos *Applets* utilizados como Ilustração e Exploração. Exemplos são expostos na Figura 2.

Figura 2: *Physlet* representando a força em um fio em movimento em um campo magnético uniforme. Pode ser utilizado como Ilustração do fenômeno em estudo ou como exploração para análise da mudança das variáveis em tempo real ou auxílio para a resolução de problemas.



Fonte: <https://www.compadre.org/Physlets/electromagnetism/>

Apesar das inúmeras vantagens relacionadas ao uso dos *Physlets*, a curva de aprendizagem desse ambiente tende a ser complexa para usuários inexperientes em programação. Vale ressaltar ainda que o professor sem conhecimento na área de algoritmos e linguagens de programação geralmente não dispõe de tempo para tal aprendizado. Em tempo, sites *web* disponibilizam gratuitamente inúmeros *Physlets* para download ou podem-se obter diversos links úteis através de ferramentas de busca na Internet (CHRISTIAN, 2003).

Caso o professor deseje modificar o *Physlet*, é possível utilizar a ferramenta *Ejs*³ (*Easy Java Simulations*), desenvolvida com o objetivo de simplificar e agilizar a construção de

³ Construído inteiramente em *Java* pelo professor e pesquisador Francisco Esquembre, pode ser encontrado gratuitamente para *download* no endereço: <http://fem.um.es/Ejs/>. O *Easy Java Simulations* é parte do projeto *Open-Source Physics Education* e, portanto, utiliza um conjunto de bibliotecas com código aberto.

Applets. Nesta ferramenta, através do simples uso do mouse, o professor pode facilmente modelar problemas físicos envolvendo superfícies tridimensionais e gráficos; além de dispor de algoritmos específicos para a solução de equações diferenciais.

3 LABORATÓRIO VIRTUAL VERSUS LABORATÓRIO REAL

No modelo de ensino tradicional, as aulas experimentais de Física seguem roteiros predefinidos e as aulas teóricas são predominantemente expositivas. O professor é o único responsável pela aprendizagem e tudo o que é trabalhado em sala de aula é orientado por este e pelos conteúdos programáticos.

Neste cenário, o computador pode ser utilizado como recurso didático de diversas formas. Uma delas consiste em realizar a modelagem ou simulação, na qual os estudantes realizam atividades que simulam o experimento com maior interatividade com o modelo físico. Dessa forma, a simulação de fenômenos físicos a partir dos modelos computacionais constitui um recurso didático no ensino de Física de enriquecimento e atualização das atividades de ensino.

Segundo Rong (2005), um laboratório virtual não é visto como uma recolocação ou um concorrente de um laboratório real, ele é considerado uma extensão possível deste último, na medida em que constitui oportunidades concebíveis inteiramente dentro de um custo disponível.

Os programas de simulação são apenas modelos teóricos da realidade baseados na observação do mundo real. Dessa forma, entende-se que as simulações não podem substituir totalmente as atividades experimentais e o uso de laboratórios (reais) no ensino. Obviamente, uma simulação não é uma cópia exata do mundo real, pois a simulação está baseada em modelos e premissas específicas, os quais apresentam grau de precisão e limite de validade.

A simulação envolve a criação de modelos físicos dinâmicos e simplificados de um complicado trabalho experimental. Permite a exploração das situações fictícias ou situações de risco, o que dificilmente poderia ser realizado em um laboratório ou sala de aula por questões de segurança e custo.

De acordo com (CAVALCANTE, NASCIMENTO, *et al.*, 2012), a realização e execução dos experimentos por parte dos alunos os retiram da condição de expectadores, passando assim a interagir, consolidando o processo de aprendizagem.

4 AVALIAÇÃO DO USO DE PHYSLETS NO APRENDIZADO DA FÍSICA EM UM CURSO DE ENGENHARIA

O objetivo central deste trabalho consiste na avaliação do uso de *Physlets* no ensino de Física em turmas de graduação do curso de Engenharia Elétrica. Nesse âmbito, os principais questionamentos que norteiam a realização desse trabalho são:

- Os resultados obtidos nos “laboratórios virtuais” são comparáveis aos obtidos nos “laboratórios presenciais reais”?
- Efetuar o ensino de uso de uma ferramenta ou instrumento como um multímetro, por exemplo, prepara, de forma eficiente, o aluno para sua utilização no mundo real?

Nossa abordagem considerou o uso de *Physlets* para simular um laboratório de Física no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) mantido pela Instituição. Duas turmas (A e B) foram selecionadas e tiveram, em uma das turmas em estudo, que identificamos como Turma A, a utilização do laboratório virtual; a outra turma denominada Turma B teve aulas experimentais normais no laboratório de Física Geral e Experimental (real) da Instituição, mantendo o mesmo conteúdo trabalhado na Turma A.

Foram realizados dez (10) experimentos em cada turma, sendo que os alunos tiveram que entregar, após cinco dias da realização de cada experimento, um relatório de atividade

experimental que foi avaliado de zero a dez pontos. Os dez experimentos propostos para as duas turmas foram: eletrização (gerador de Van de Graaff), campo elétrico, potencial elétrico, capacitor de placas paralelas, resistência elétrica (código de cores), 1ª Lei de Ohm, 2ª Lei de Ohm, circuitos RC, Experimento de Oersted, força magnética entre fios paralelos, todos nessa ordem. É importante também salientar que cada uma das duas turmas possui vinte alunos, que é o limite máximo determinado pela Instituição para o uso do laboratório.

Também foram analisados os resultados dos questionários aplicados aos alunos da turma A, a respeito das aulas experimentais.

A utilização de simulações de experiências na introdução ou aprofundamento de um determinado conceito físico possibilita uma melhor visualização do conteúdo abordado. A possibilidade de parar a execução da simulação a qualquer momento, de rapidamente mudar parâmetros como variáveis e constantes, e verificar a consequência nos fenômenos estudados, que uma simulação computacional proporciona, incentiva os estudantes a querer conhecer o comportamento dos sistemas físicos nas mais diversas situações.

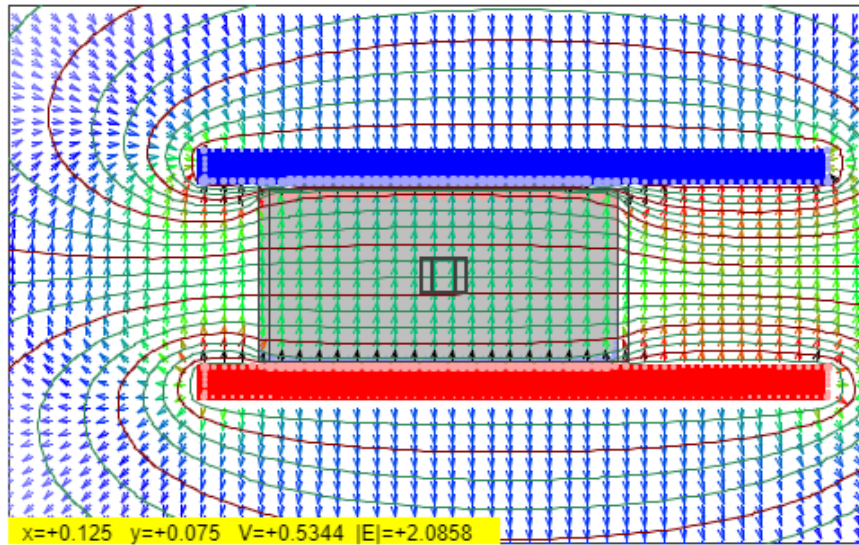
Por exemplo, durante a aula experimental de capacitor de placas paralelas; a Turma B utilizou o capacitor variável de placas paralelas (Figura 3) do laboratório de Física Experimental, ao passo que a Turma A utilizou o *Capacitor with a Dielectric* desenvolvido por Melissa Dancy e Mario Belloni e disponível no portal *Open Source Physics Project* (CHRISTIAN, 2003). Durante a execução do experimento realizado pela Turma B apenas a capacitância pôde ser determinada com a variação da distância entre as placas e com a mudança do dielétrico entre as mesmas, enquanto que a Turma A foi além dos resultados obtidos pela Turma B ao observar o comportamento das linhas de força do campo elétrico entre as placas do capacitor virtual, descrito na Figura 4; o que não ocorreu com a Turma B devido às limitações do equipamento.

Figura 3: Capacitor variável de placas paralelas e cabos, 0 a 255 pF.



Fonte: <https://www.cidepe.com.br/index.php/br/produtos-interna/capacitor-variavel-de-placas-paralelas-e-cabos-0-a-255-pf-1875>

Figura 4: *Capacitor with a Dielectric* simulando o comportamento do campo elétrico entre as placas de um capacitor de placas paralelas.



Fonte: <https://www.compadre.org/Physlets/electromagnetism/>

4.1 Grau de interesse dos estudantes

Com o intuito de mensurar o grau de interesse demonstrado pelos alunos no uso deste tipo de ferramenta, aplicamos um questionário sobre o uso dos *Physlets* como complemento às aulas teóricas. Considerando a Turma A, 75% responderam que as simulações auxiliaram bastante; 20% disseram que auxiliaram razoavelmente e 5% consideraram que elas não auxiliaram no entendimento do assunto. Quanto à frequência de emprego de simulações demonstrativas nas aulas de teoria, 65% responderam que elas deveriam ocorrer “na maior parte das vezes”, 35% “algumas vezes” e 0% “nunca”. Pediu-se ainda que os alunos informassem se preferiam as aulas de teoria com ou sem simulação e as respostas foram que 65% preferem aulas com simulação, 5% preferem as aulas sem simulação, e 30% consideraram indiferente. Quanto às simulações das experiências nas aulas de laboratório, 90% foram de opinião de que elas “auxiliaram bastante” no entendimento do assunto, 10% de que elas “auxiliaram razoavelmente” e 0% de que elas “não trouxeram contribuição”.

As aulas nos laboratórios reais são feitas em grupos de até cinco componentes, ao passo que as do laboratório simulado são individuais (i.e., um aluno por computador). Questionados sobre esse aspecto, 80% preferem as aulas com simulações, 5% preferem as aulas no laboratório real, e para 15% é indiferente.

Os resultados indicam que uma parcela significativa dos alunos entende que as diversas atividades teoria/simulação/prática desenvolvidas foram capazes de auxiliar no aprendizado dos conceitos abordados. Houve, inclusive, relatos que mencionaram sua importância até mesmo para as avaliações escritas solicitadas na parte teórica da disciplina, pois, algumas das questões referiam-se a situações semelhantes àquelas observadas nas práticas de laboratório.

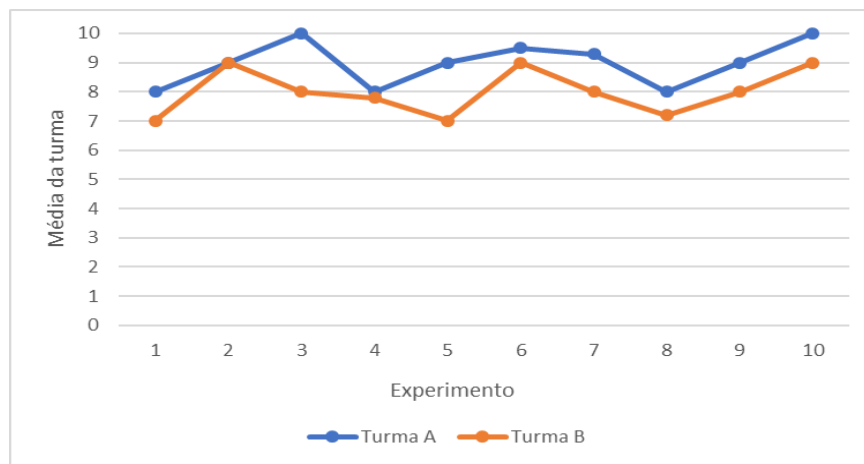
As atividades experimentais propostas permitiram alcançar satisfatoriamente um de seus objetivos básicos, qual seja a realização de atividades individuais ou em grupo que promovam a interação como assuntos abordados. Isto deveria ocorrer igualmente fora do laboratório durante as etapas de análise dos dados e preparação do relatório final do experimento. Durante a correção dos relatórios entregues observou-se a falta de um tratamento estatístico dos dados obtidos, isso representa um ponto negativo na utilização dos laboratórios virtuais, justamente

pela exatidão dos resultados obtidos e pela ausência de erros comumente encontrados nos laboratórios reais como erros de paralaxe.

4.2 Rendimento das turmas e avaliação qualitativa dos experimentos

De forma a avaliar quantitativamente a aplicação das atividades, destacamos as notas obtidas nos relatórios das atividades desenvolvidas na disciplina. A Figura 5 mostra os rendimentos das Turmas A e B. Em síntese, podemos observar que os alunos da turma A obtiveram desempenho um pouco superior do que os alunos da turma B. De fato, esses dados sugerem que o uso dos laboratórios virtuais não resolverá completamente os problemas das aulas práticas de Física, mas evidenciam a necessidade de considerar fortemente o emprego dessa ferramenta.

Figura 5: Média das notas dos relatórios dos alunos das Turmas A e B.



Vale salientar que as duas turmas apresentaram rendimentos semelhantes durante a disciplina Física Mecânica no semestre anterior.

A avaliação qualitativa das atividades realizadas foi efetuada através da aplicação de questionários opinativos. A análise das respostas desses questionários nos permitiu verificar os principais pontos positivos e negativos acerca do emprego dos laboratórios virtuais de Física. A Tabela 1 sumariza as principais argumentações resultantes da análise dos questionários preenchidos.

Tabela 1 - Avaliação Qualitativa do Uso dos Laboratórios Virtuais de Física.

Pontos positivos	Pontos negativos
Possibilidade de repetição do experimento alterando variáveis e constantes.	Falta de garantia de se realizar o mesmo experimento no mundo real obtendo os mesmos resultados encontrados no laboratório virtual.
Realização de experimentos impossíveis de serem feitos num laboratório real devido ao alto custo e/ou alto risco.	Impossibilidade de dar um tratamento estatístico adequado aos resultados obtidos, visto que erros de paralaxe e truncamento não existem.
Possibilidade de construir um relatório mais completo, devido a todos os pontos citados anteriormente.	

A respeito da constatação de pontos negativos elencados na Tabela 1, atestamos que os laboratórios virtuais são mais vantajosos na apreciação global dos alunos. Todavia, deve-se ponderar no processo de aprendizagem as diferenças entre a realidade física e realidade virtual representada através de recursos computacionais. Nesse contexto particular, nos parece mais adequado diversificar as experiências de ensino com este recurso.

Em linhas gerais, os resultados das atividades experimentais propostas nos permitem verificar a adequação do uso das ferramentas e simulações aos conteúdos principais dos tópicos abordados na disciplina de Física Eletricidade apresentada. Tal preocupação é igualmente similar ao emprego de laboratórios reais, os quais visam aproximar o aluno da teoria à prática. Resumidamente, a utilização do Laboratório Virtual motiva os alunos e torna a atividade de ensino mais dinâmica e atraente, permitindo o enriquecimento e aprimoramento dos conteúdos abordados na parte teórica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de novas tecnologias e metodologias de aprendizagem pode facilitar o aprendizado de determinadas disciplinas e possibilitar a demonstração de situações complexas e dispendiosas em ambientes virtuais simulados. Este artigo propôs uma avaliação prática do uso de *Physlets* – simulações computacionais em *Java* especializadas no contexto da Física - no ensino em nível universitário.

A experiência presencial e os dados obtidos em nossa avaliação indicam que as aulas no Laboratório Virtual de Física incrementaram o interesse dos alunos pela disciplina, na busca da compreensão dos experimentos, conceitos, interpretação gráfica, mudança de variáveis, levantamento de hipóteses e estímulo à pesquisa. Em resumo, os resultados da pesquisa mostram que o uso dos *Physlets* como ferramenta mediadora do ensino de Física Experimental, obteve uma relevante aceitação entre os alunos pesquisados.

Perspectivas futuras desse trabalho incluem a aplicação dessa metodologia em outras turmas a fim de aprimorar os resultados obtidos e analisar casos particulares. É igualmente importante incentivar e propor atividades de desenvolvimento de conteúdo (e programas) nesse ambiente. Assim, os alunos transporiam a barreira de agentes passivos (usuários somente) para agentes ativos (produtores e disseminadores de conteúdo).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. E. B. D. Educação a distância na internet: abordagens e contribuições dos ambientes digitais de aprendizagem. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. XXIX, p. 327-340, jul./dez. 2003.

CAVALCANTE, D. C. D. M. et al. O papel e a influência de experimentos didáticos em Física para formação dos alunos em Engenharia. **Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Belém - PA, 2012.

CHRISTIAN, W. **Physics Applets**, 1995. Disponível em: <<http://webphysics.davidson.edu/Applets/>>. Acesso em: 20 Março 2019.

CHRISTIAN, W. **Open Source Physics Project**, 2003. Disponível em: <<https://www.compadre.org/osp/>>. Acesso em: 10 Março 2019.

LIMA, J. F. **Proposta de um Modelo de Laboratório Virtual em Engenharia Elétrica.** Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC-MG. Belo Horizonte. 2004. Programa de Pósgraduação em Engenharia Elétrica.

PULINO, A. R. **Moodle, um sistema de gerenciamento de cursos.** Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 2005. Sob Licença da Creative Commons.

RONG, G. A case study of virtual circuit laboratory for undergraduate student courses. **ITHET 6th Annual International**, Juan Dolio, July 2005.

SZPIGEL, S.; MUSTARO, P. N. Ensino e Aprendizagem On-line: A Construção do Conhecimento no Ciberespaço. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, v. 6-10, n. Edição Especial, p. 90-107, 2011.

USE OF A VIRTUAL LABORATORY FOR TEACHING PHYSICS IN ENGINEERING COURSES THROUGH PHYSLETS.

Abstract: *The need to reduce costs, lack of structure, and the excessive number of students have made it difficult to carry out experimental activities in physics laboratories. This paper presents the simulation of a real physics laboratory in a virtual world through Physlets. In this context, describes the main features and capabilities in the use of Physlets turned to teach physics and the results of applying this approach in engineering courses.*

Key-words: *Physlets, Engineering Teaching, Teaching Physics, Virtual Labs, Educational Technology.*