CONSTRUÇÃO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS 3D PARA UTILIZAÇÃO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

DESIGN OF A 3D VIRTUAL LAB TO BE USED IN ELECTRICAL ENGINEERING

M. T. Valdez[1], C. M. Ferreira[2], F. P. Maciel Barbosa[3]

Abstract *— The use of virtual laboratory environments that resemble the reality, through 3D models, has become a common practice in school activities. The integration of new technologies must enable and support the work without affecting the process and the quality of the results. This paper suggests how to use 3D virtual laboratories and at the same time proposes 3D rendering techniques. It is necessary to evaluate the tools and techniques used, due to the high complexity and requirements placed on building 3D virtual environments, where speed is essential. It is a challenge for higher education institutions to train new engineers with the employment of these tools. This paper is a practice proposal related to the design, size and animation, for the development of 3D labs that simulate phenomena related to specific topics of Electrical Engineering, in higher education institutions, in order to increase the skills and knowledge gained in student learning.*

Index Terms — e-learning, interactive application, software packages, virtual reality, 3D lab internet.

INTRODUÇÃO

A procura por um melhor ensino, nas instituições de ensino superior, a valorização da educação ao longo da vida e a necessidade de profissionais especializados e atualizados favorecem o desenvolvimento de ambientes virtuais que proporcionam além da aprendizagem, uma flexibilidade de tempo, de distância e de custo.

O recurso a ambientes virtuais permite a construção de aplicações educacionais em que os conceitos discutidos e apresentados na sala de aula podem ser detalhados e apresentados de forma gráfica [1-3].

No período atual profundamente tecnológico, uma questão que se coloca é a de como viver com tecnologia, e em particular com as tecnologias da informação e da comunicação, tirando delas o melhor partido. Os sistemas educativos estão em transformação profunda e vêm-se forçados a adquirir uma dimensão mais alargada, com potencialidades da dimensão virtual, que a internet proporciona. Procura-se identificar e compreender formas de utilização dos computadores e das TIC, nomeadamente dos espaços virtuais, que apoiem o pensamento, o ensino e a aprendizagem [4].

Através de um laboratório de RV a 3D é possível recriar um ambiente tridimensional idêntico ao de um laboratório real, no qual o professor pode controlar as experiências, sem prejuízo dos equipamentos utilizados nas experiências e sem expor os alunos a qualquer tipo de insegurança física. Essa simulação permite a obtenção de resultados que reconheçam e explorem as características comportamentais do ambiente simulado [5].

SIMULAÇÕES VIRTUAIS NO ENSINO

Os requisitos para o desenvolvimento de um sistema de realidade virtual (RV) são impostos pelos sentidos humanos e implementados pelo computador, a partir de dispositivos, de modo a poderem representar os modelos físicos dos ambientes pretendidos [6-9]. No entanto, para se desenvolver um sistema de realidade virtual para o ensino de qualquer unidade curricular é necessário que o ambiente seja direcionado e contextualizado no conhecimento do professor. Constrói-se, assim, utilizando *software* adequado que envolva o aluno num ambiente semelhante ao de uma sala de aula.

Um ambiente virtual proporciona ao aluno um estímulo de raciocínio num ambiente computacional idêntico ao do mundo real [10-13]. Dessa forma, facultar-se-á ao aluno um ambiente computacional semelhante ao do mundo real, beneficiando e facilitando a aprendizagem [14-15].

Uma simulação do mundo real permite que as experiências sejam estudadas e analisados passo a passo, facilitando, assim, a compreensão dos conteúdos. O uso de simulações na educação tem como objetivo aumentar as oportunidades de experimentação, motivando os alunos a dominarem conteúdos e competências, proporcionando a ligação com aquilo que estão a aprender, facilitando a exploração de diversas situações, que na prática não seriam analisadas por questões de custos ou riscos. A partir da simulação dos componentes e equipamentos num ambiente de RV é possível que o aluno no contato com equipamentos

[1] M.T. Valdez is with the Electrical Engineering Department, Coimbra Polytechnic Institute (ISEC), Rua Pedro Nunes - Quinta da Nora, 3030-199, Coimbra, Portugal, valdez@isec.pt
[2] C. M. Ferreira is with INESC Coimbra and the Electrical Engineering Department, Coimbra Polytechnic Institute (ISEC), Rua Pedro Nunes - Quinta da Nora 3030-199, Coimbra, Portugal cmacfer@ieee.org
[3] F. P. Maciel Barbosa is with INESC TEC and DEEC, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal, fmb@fe.up.pt

DOI 10.14684/ICECE.9.2015.95-99
© 2015 COPEC

e componentes, possa manipulá-los, e configurá-los de diversas formas, mais facilmente [12].

Outra vantagem apresentada pelas simulações é a de que não há restrições temporais e podem evitar algum dano para a instalação elétrica, por um mau funcionamento ou por causa de uma configuração incorreta. Quando são convenientemente explorados os ambientes de RV permitem a construção de ambientes extremamente reais, proporcionando uma comunicação eficaz entre o aluno e o professor. Dessa forma, uma simulação virtual deve consistir em projetos e ambientes, técnicas e métodos que tornem a aprendizagem atrativa e criativa, em que a aquisição de conhecimento por meio deste sistema RV seja semelhante à que ocorre no mundo real.

Os ambientes de realidade virtual são constituídos por modelos para estudo e visualização, com recurso a modelos matemáticos e sistemas computacionais que promovem a simulação, ao utilizador, de um ambiente muito próximo do real. As formas físicas de simulação são muitas vezes complexas de se construir, e dificilmente conseguem reproduzir de forma fidedigna os comportamentos reais dos equipamentos e componentes elétricos.

LABORATÓRIO VIRTUAL 3D

Sendo a escola um espaço privilegiado para a aquisição e construção de conhecimentos, sendo o seu principal papel instrumentalizar os seus alunos para pensarem de forma criativa e em saberem obter soluções, tanto para os problemas antigos como para os novos, propôs-se um protótipo de um modelo de laboratório virtual para auxiliar o problema de preparação em experiências de eletrotecnia, na unidade curricular de Eletrotecnia I, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC).

O curso de Engenharia Eletrotécnica no ISEC, sendo presencial, tem as aulas de laboratório uma vez por semana, para cada turma.

As experiências de ensino de montagens de circuitos elétricos desempenham um papel importante nos cursos de engenharia e são essenciais para os alunos de Engenharia Eletrotécnica. No entanto, as experiências elétricas convencionais exigem alguma despesa na adquisição dos equipamentos e um grande custo para pagar essa manutenção, podendo ser difíceis ou até mesmo perigosas para os alunos executarem. Portanto, é necessário dirigir a tecnologia de realidade virtual para a educação, oferecendo aos alunos uma abordagem muito mais fácil para realizar experiências, com a ajuda de informações complexas visualizadas.

Entretanto, a tecnologia de realidade virtual não só ajuda os alunos a interagir com os equipamentos elétricos com segurança, mas também lhes proporciona uma sensação intuitiva e realista [15].

Muitas vezes não é possível a todos os alunos, nos períodos de preparação e treino das aulas laboratoriais e exames, terem contato com o equipamento, por fatores como disponibilidade do laboratório, custos, riscos de segurança, entre outros. Dessa forma, o treino pode tornar-se demasiado teórico deixando, por vezes, os alunos menos bem preparados para montar circuitos elétricos e utilizar equipamentos de medida, sozinhos. Introduziu-se, portanto, um sistema, sob a forma de um protótipo, que ajuda os alunos a compreender o fluxo de trabalho de uma experiência de montagens elétricas, práticas de manipulação experimental e obter uma classificação final num ambiente virtual mas realista no PC, como mostrado na Figura 1.

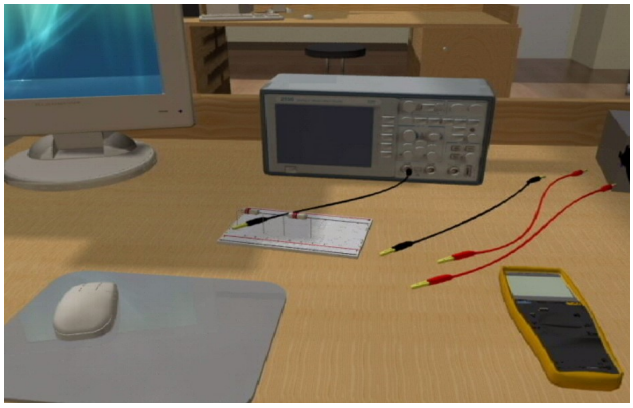

FIGURA. 1
VEMA - CENÁRIOS DE LABORATÓRIO (3D MAX)

DESCRIÇÃO DO SIMULADOR

As aplicações da RV vêm sendo usadas, cada vez mais na educação, proporcionando um recurso didático e estimulando a aprendizagem dos alunos de forma criativa.

Neste estudo foi desenvolvido um protótipo computacional com tecnologia de RV designado por VEMA (Virtual Eletrical MAnual). Foi escolhida uma ferramenta de prototipação rápida, o Wirefusion [16], facilitando a aprendizagem e a utilização como uma ferramenta de código livre. O protótipo desenvolvido foi concebido no Wirefusion porque facilita o desenvolvimento de aplicações tridimensionais. As imagens foram construidas num modelo tridimensional com as texturas respetivas.

Foi utilizada uma ferramenta virtual para criar cenários de preparação, baseada em simulação, para os alunos aprenderem e adquirirem habilidades básicas e aprenderem a teoria de circuitos elétricos. É possível navegar dentro de um ambiente virtual e interagir com alguns componentes elétricos [16].

A Figura 2 mostra o interface inicial do sistema que, por sua vez, exibe os componentes disponíveis no laboratório. As informações sobre a *motherboard* estão localizadas no lado esquerdo (ver Figura 2) onde o utilizador pode verificar a quantidade de componentes que o objeto de estudo pode receber.

Mostra um sistema em que é possível observar os objetos virtuais. Com esta interface é possível selecionar o componente de *hardware* e deslocá-lo até o seu respetivo

local de encaixe. Em seguida, e após a correta ligação dos diversos componentes, podem ser feitas medições e leituras dos vários parâmetros do circuito elétrico.

Para que o utilizador saiba onde se encontram os equipamentos e componentes basta selecionar no menu da esquerda e imediatamente esse componente aparece disponível no ecrã. O utilizador pode movimentar livremente os outros componentes. Analogamente, após a montagem dos componentes internos da *motherboard*, o sistema apresenta ao utilizador, automaticamente, os valores obtidos pela montagem realizada (Figuras 3 e 4).

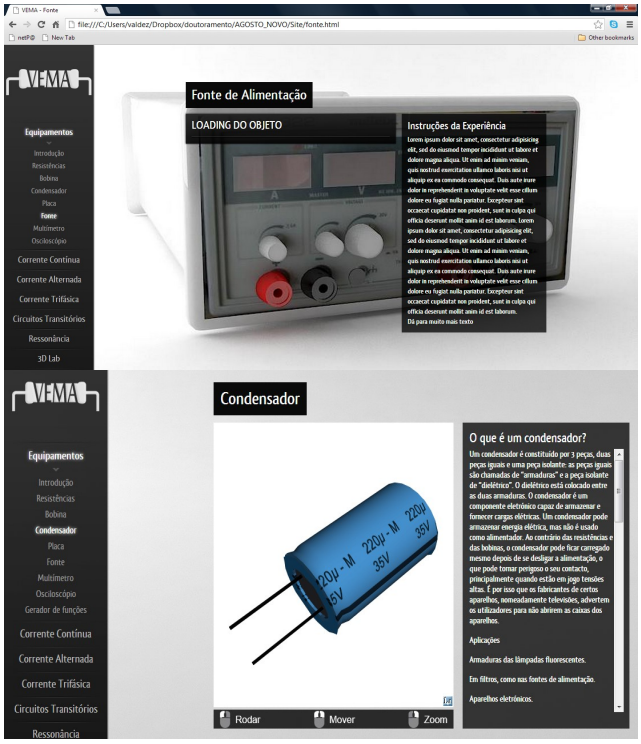

FIGURA. 2

VEMA - EQUIPAMENTOS DE MEDIDA DE CIRCUITOS, *MOTHERBOARD* E RESPETIVOS COMPONENTES

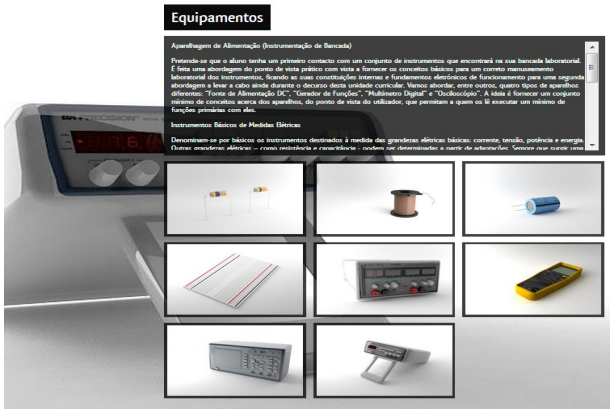

FIGURA. 3

APRESENTAÇÃO COMO PROGRAMA – PÁGINA INICIAL DO VEMA

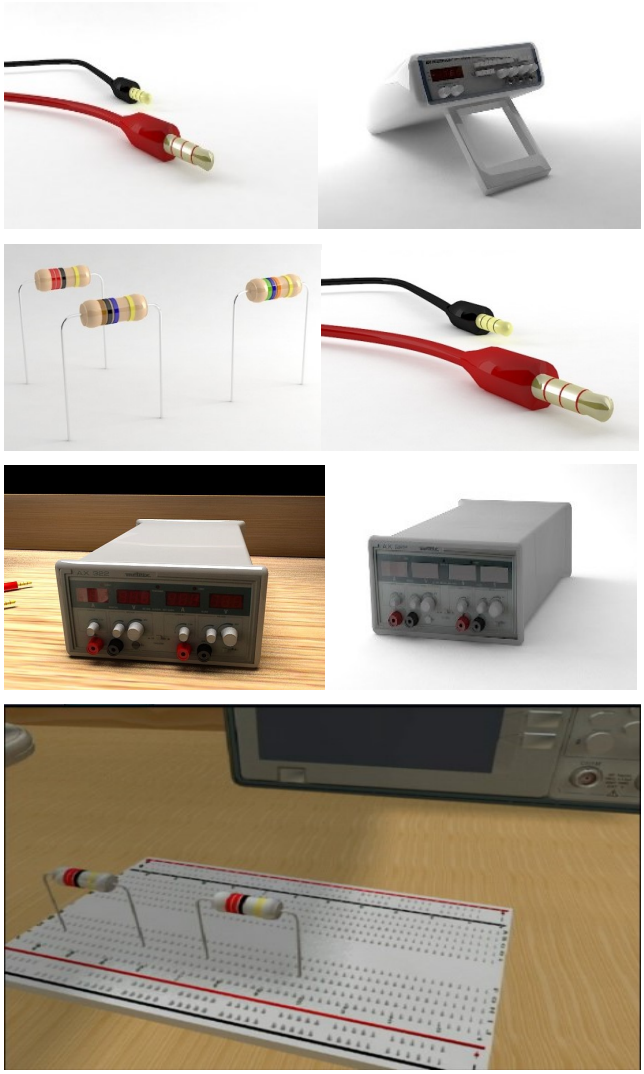

FIGURA. 4

VEMA - EQUIPAMENTOS E COMPONENTES

Este protótipo permite ao utilizador montar o seu próprio equipamento, ligando os componentes entre si e obtendo os resultados para as várias variáveis (Figura 4).

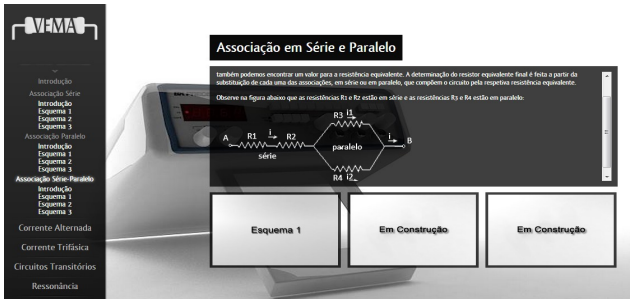

FIGURA. 5

VEMA - MONTAGENS DE RESISTÊNCIAS EM CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA

As simulações foram concebidas para serem utilizadas e associadas a exercícios de preparação para a parte presencial e como instrumento pedagógico para aulas de perfil mais profissional [16].

Uma maneira de utilizar aplicações de laboratórios 3D interativos é obtida através do uso da internet. Para o efeito, imagens de vários modelos de objetos de laboratório foram construídas no ambiente do 3Ds Max [17]. O projeto com o *software* 3DS Max (anteriormente conhecido como 3D Studio Max) permitiu a modelação 3D e a renderização de imagens e animações. Os modelos dos objetos de laboratório poderiam ser construídos em qualquer outros 3D *authoring tool* que possibilitasse exportar para X3D ou VRML, tais como: Autodesk Maya, Blender, Cinema 4D, LightWave 3D, SketchUp e outros.

Os modelos que se conceberam com a ajuda de ferramentas de modelação 3D, bem como modelos convertidos de diversos tipos de *software* CAD, são extraordinariamente complexos, podendo possuir várias centenas de milhares de polígonos e ser praticamente impossível processar a visualização em tempo real [1]. Foi, portanto, essencial usar um expediente para reduzir e reparar arquivos de CAD e modelos 3D antes de serem importados para o WireFusion, que foi executado amplamente pelos utilizadores neste tipo de trabalho.

Um sistema de redução e otimização dos polígonos foi obtido usando o VizUp, facilitando a redução do número de polígonos num modelo 3D complexo e otimizando sua geometria [17]. O modelo reduzido resultante é visualmente bastante semelhante ao original, mas contem menos polígonos (Fig. 4).

O VizUp otimiza os modelos 3D com o método de redução de polígonos; os modelos processados pelo *software* contêm significativamente menos polígonos e o ficheiro tem um tamanho menor do que o original, mantendo a mesma qualidade e aparência. Com este *software* consegue-se reduzir os polígonos e otimizar modelos e apresentações 3D antes de as publicar na *web* [18]. Os ficheiros reduzidos foram guardados com a extensão (.wrl) a fim de serem novamente introduzidos no 3DS Max, para poder ser montada a bancada da cena final.

Toda a interatividade foi desenvolvida dentro do ambiente do WireFusion. WireFusion 5.0 ® é um pacote de *software* da Demicron que representa uma tecnologia muito poderosa que permite uma criação rápida de apresentações interativas em 3D para a internet [19]. WireFusion 5.0® é uma plataforma avançada que visualmente integra vários tipos de diferentes médias num único utilizador, permitindo a criação de panoramas em 360 graus, apresentações de slides e *zoom* de imagens.

O *software* WireFusion começa pela importação, processamento e visualização de modelos 3D na web. O *software* permite a criação de apresentações interativas de Web 3D, começando por carregar um modelo 3D, configurando-o e adicionando *widgets* (componentes de uma interface de utilizador gráfica (GUI - *graphical user interface*), que inclui janelas, botões, menus, ícones, barras de rolagem, etc.) e lógica para a apresentação. Cada objeto pode ser editado e inserido separadamente. Todos os componentes e controladores podem ser adicionados para permitir que o utilizador execute todas as ações necessárias e movimentos.

CONCLUSÕES

No presente artigo, um protótipo de *software* instrucional chamado VEMA é introduzido para a realização de experiências de ensino de eletrotecnia através de montagens elétricas, projetado com base na tecnologia de realidade virtual (VR).

Este trabalho apresenta um estudo sobre a inclusão pedagógica de um ambiente virtual no ensino técnico de circuitos elétricos e a sua validade como instrumento de facilitação de aprendizagem simulada.

VEMA permite que os alunos possam examinar de perto os objetos em uso no ambiente laboratorial. Os alunos serão capazes de examinar os objetos que necessitam para as experiências em causa, a partir de múltiplos pontos de vista, tornando a atividade de aprendizagem mais interessante.

VEMA também fornece um ambiente que envolve os alunos num papel e tarefa específica. Esse mais alto nível de envolvimento com o protótipo VEMA não só mantém o interesse dos alunos, mas também incentiva cada um a tornar-se um explorador. Através desta ferramenta os alunos movem-se para além da aprendizagem limitada, oferecida por muitos livros didáticos, para uma aprendizagem onde eles são livres para explorar, inovar e experimentar. Este projeto explorou as formas em que os alunos interagiram dentro do ambiente virtual e a eficácia global educacional.

Enquanto estes cenários de ensaio oferecerem experiências idênticas às da vida real para os estudantes, não há nenhuma limitação em quantos alunos podem participar, a qualquer momento. Além disso, os estudantes de educação a distância estão completamente incluídos neste tipo de preparação. Verificou-se que os estudantes expressaram um maior nível de satisfação com o ambiente e nível de instrução do mundo virtual, em comparação com outros sistemas de aprendizagem *on-line*.

O sistema VEMA ajuda os alunos a compreender o fluxo de trabalho de uma experiência de montagem elétrica, práticas de manuseamento experimental e consegue reproduzir um ambiente virtual mas bastante realista no PC, como é apresentado na Figura 1.

Para um melhor trabalho interactivo 3D, utilizou-se o Wirefusion que trabalha com funções e operações pré-programadas, para exibir e controlar os modelos 3D, que foram construídos no 3ds Max. O uso e a reutilização de códigos já feitos e testados vão poder garantir apresentações e operações pequenas e bastante robustas.

Este projeto, por ser audacioso em usar da tecnologia de realidade virtual como forma de complemento da instrução para a unidade curricular de Eletrotecnia I, teve uma série de

dificuldades com relação a sua execução, por exemplo, a faculdade para se carregar os objetos virtuais no ecrã, manipulação dos objetos por meio dos controles e orientação da posição, pelos alunos. Esses foram os problemas mais relatados na experiência de prática. O ambiente virtual age como um simulador que permite que seja ministrada uma aula de montagem e configuração de diversos tipos de computadores, tendo a possibilidade de os alunos dominarem a técnica sem o desgaste dos componentes, pois o simulador é semelhante ao ambiente real.

Os alunos foram estimulados por interações em ambientes virtuais educacionais. Conseguiram maior atenção e melhor desempenho, pois repetiram as experiências e assim passaram a dar mais atenção e a empregar uma maior concentração na tarefa apresentada pelo professor.

Por meio da aplicação de simulações de RV na aprendizagem é possível produzir ambientes que facilitem a aprendizagem ou até mesmo complementem o conteúdo apresentado ao aluno, seja pela criação de realidades alternativas que no mundo real não existe, ou pelo repetição e treino de experiências passadas, colaborando para a construção de novos conhecimentos, ou pela participação ativa e intensa requerida ao aluno.

A interação em ambientes virtuais representa, com certeza, o maior avanço em termos de interfaces gráficas que se tem até hoje. A exploração do potencial desses ambientes deve ser cada vez maior, tendo em vista o número de possibilidades de aplicações possíveis; e com maior amplitude os ambientes virtuais de educação estão a ser incorporados nas técnicas de sala de aula, como forma de auxílio didático para o professor, melhorando o processo de ensino e aprendizagem. Dada a dificuldade de se conceberem laboratórios específicos para prática de disciplinas que envolvem riscos para os alunos, professores, meio ambiente ou comunidade, a RV vem possibilitando a criação de ambientes virtuais que simulem um ambiente operacional, sem que as pessoas fiquem expostas a risco de acidentes.

É possível considerar que o grande diferencial do protótipo desenvolvido é disponibilizar uma forma não redutiva dos dispositivos computacionais e possibilitar novas opções de espaço, tempo e interação que antes não existiam na prática pedagógica. A viabilidade pedagógica da inclusão de ambientes de simuladores para o curso de montagem de circuitos elétricos pode ser considerada essencial num contexto no qual a diversidade de dispositivos e configurações de equipamentos é muito alta.

REFERENCIAS

[1] Valdez M T, Ferreira C M, Maciel Barbosa F P. "Software Packages to Support Electrical Engineering Virtual Lab," International Journal of Online Engineering (iJOE), 2012, pp. 19-23.

[2] Tsai.l P, Kao Y C, and Lee R S. "Investigating the effect of virtual reality application on teaching assistance for machine tools operation education," Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), 2012 IEEE/ASME International Conference on. IEEE, 2012, pp. 626-631.

[3] Volner, R., "Engineering Environment and Avionics Virtual Prototyping". *Electronic technical journal*, Number 2, Volume VII, ISSN 1801-674X, July 2012.

[4] Gibbon G 1. "Combining theory and experimentation to develop inductive learning skills in an electric circuits course," Proceedings of ICEE 2008, 2008.

[5] Chen Y, Hu Q, Shu H. "A virtual lab for mechanical experiment based on virtools," Computer Science and Automation Engineering (CSAE), 2011 IEEE International Conference on. IEEE, 2011, vol. 3, pp. 119-122.

[6] Hong-liang, G. and Shengman, L., "Virtual Reality Technology and its Application in Prevention of Coal and Gas Outburst". *In Second International Conference on Information and Computing Science*, Manchester, 2009, pp. 110-113.

[7] Shuang, Li, "Research on Application of Virtual Reality Technology in Teaching and Training", *in Second International Conference Computer and Electrical Engineering*, ICCEE '09. Dubai, 2009, pp. 77 - 80.

[8] Girvan, C. and Savage, T. "Identifying an appropriate pedagogy for virtual worlds: A Communal Constructivism case study", Computers & Education. Vol. 55, no. 1, pp. 342-349, 2010.

[9] Duncan, I., Miller, A. and Jiang, S. "A taxonom y of virtual worlds usage in education", British Journal of Educational Technology, doi: 10.1111/j.1467-8535.2011.01263.x, vol. 43, no. 6, p. 949–964, 2012.

[10] Jarmon, L., Traphagan, T., Mayrath, M. and Trivedi, A. "Virtual world teaching, experiential learning, and assessment: An interdisciplinary communication course in Second Life", Computers and Education, vol. 51, no. 1, p. 169–182, 2009.

[11] Ai-Lim Lee, Elinda, Kok Wai, Wong and Che Fung, Chun. "How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach". *Computers & Education*, 2010, vol. 55, pp. 1424-1442.

[12] Valdez, M. M., Travassos, Machado, C. M., Ferreira and Barbosa, F. P., Maciel, "3D Virtual Labs for Internet Application". *IEEExplore2011. International Journal of Online Engineering*, iJOE. 2011.

[13] Barney, Dalgarno and Mark, J.W., Lee. "What are the learning affordances of 3-D virtual environments?". *British Journal of Educational Technology,* 2010, vol. 41, no. 1, pp. 10-32.

[14] Hsiu-Mei, Huang, Ulrich, Rauch and Shu-Sheng, Liaw. "Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach". Computers & Education, 2010, vol. 55, no. 3, pp. 1171-1182.

[15] Hew, K. F. and Cheung, W. S. "Use of three-dimensional (3-D) immersive virtual worlds in K-12 and higher education settings: A review of th e research", British Journal of Educational Technology doi: 10.1111/j.1467-8535.2008.00900.x, vol. 41, no. 1, pp. 33-55, 2010.

[16] Valdez, M. M., Travassos, Machado, C. M., Ferreira and Barbosa, F. P., Maciel, "Software Packages to Support Electrical Engineering Virtual Lab". *International Journal on Emerging Technologies in Learning*, iJOE2012. ISSN: 1861-2121. Volume 8, Special Issue 2: exp.at'11, 2012, pp. 19-23, Special Focus Papers.

[17] 3Ds Max. Autodesk® 3Ds Max *Design*®. Available from: http://usa.autodesk.com/3ds-max/#. [Accessed June 10, 2012].

[18] VizUp software company – Optimize 3D models. [on line] Disponível em: http://www.vizup.com/index.html,

Disponível em: http://download.cnet.com/WireFusion-Free-Edition/ 3000-6677_4-10808107.html. Acessível em 27 junho 2010.