

# *Development of an auxiliar software for three-phase induction motors tutorship using virtual reality*

Fernanda G. Vilela<sup>1</sup>, Priscila O. Libardi<sup>1</sup>, Danielle A. Leite<sup>1</sup>, Antônio F. L. de Sousa<sup>2</sup>, Letícia G. Calixto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Tecnologia – Departamento de Engenharia Elétrica - Universidade de Brasília - Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Brasília – DF – Brasil, <sup>2</sup>Instituto Federal de Brasília - Brasília- DF

Anésio L. F. Filho<sup>1</sup>, Lázaro V. de O. Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Tecnologia – Departamento de Engenharia Elétrica - Universidade de Brasília - Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Brasília – DF – Brasil, <sup>2</sup>Instituto Federal de Brasília - Brasília- DF

{anesioleles,lazavini}@gmail.com

{fegvilela,priscila.libardi,leiteadanielle,antonioflavionte,leticia.gomescalixto}@gmail.com

**Abstract** - This work presents an educational software implemented in a Virtual Reality space. This software has the intention to be helpful for the tutorship of electrical machines at Electrical Engineering course and at others courses in this field. The software affords the user interaction with three-phase induction motors through realization of activities, for example, execution and test of motor's connections, observation of phase's inversion effects and phase's absence effects, moreover, it provides interaction with the rotating magnetic field and with the motor's physics structure. At the software process of implementation, were used 3DS Max and Blender as tools for modeling all scenes components and, for the virtual space composition, Unity 3D software.

**Keywords**— *Virtual Reality; three-phase induction motors; electrical engineering; virtual laboratory*

## I. INTRODUÇÃO

A Realidade Virtual (RV) trata-se em geral de uma experiência de imersão e interação baseada em simulação gerada por computador, de um mundo real ou apenas imaginário [1]. O crescente avanço tecnológico tem tornado os computadores pessoais cada vez mais rápidos e acessíveis [2], e isso permite que a RV deixe de ser objeto de estudo somente dos grandes centros de pesquisa. Consequentemente, hoje se observa que várias são as propostas que visam a utilização da RV como ferramenta de apoio à educação, principalmente, para o Ensino a Distância (EAD) [3], [4], [5], [6].

Infelizmente, nos dias atuais, laboratórios de máquinas elétricas em instituições de ensino padecem de uma infraestrutura que permita a abordagem de aspectos importantes relacionados ao ensino deste tipo de carga como a ausência de unidades para atender a todos e os altos custos de

manutenção. Há ainda de se considerar que os equipamentos são geralmente lacrados e não permitem que o aluno identifique as suas partes internas, o que torna conteúdos como o princípio de funcionamento da máquina abstratos. Esses são pontos que indicam uma significativa limitação no processo ensino/aprendizagem.

O uso de ambientes virtuais como suporte à educação pode ser mais eficiente, conveniente e até mais barato do que métodos tradicionais, já que plataformas gratuitas podem ser usadas no seu desenvolvimento [7]. Pode-se citar o programa UNITY3D, que tem sido aplicado em diversos projetos para concepção de mundos virtuais e é um importante aliado no desenvolvimento de Ambientes Virtuais (AV) compatíveis com a Web [8].

Por causa de tais fatores foi verificada a possibilidade de desenvolver um sistema que auxiasse no ensino de máquinas elétricas nas universidades. O programa elaborado é composto por um módulo de ensaio e outro que fornece um apoio didático aos estudantes. O usuário pode executar e testar a conexão do motor, observar os efeitos da inversão e da falta de fase, além de realizar os ensaios a vazio e de rotor bloqueado. Aborda aspectos como o campo magnético girante e a constituição física do motor, bem como permite que sejam realizadas simulações computacionais que fornecem o conjugado, a potência de saída e outras grandezas do motor.

O desenvolvimento do projeto envolve estudantes de graduação e técnico. Por meio da integração entre os participantes, deve estimular o interesse em ingressar nas universidades de engenharia, bem como diminuir os índices de evasão do ensino superior. Trata-se também de uma tentativa de envolvê-los com os estudos de máquinas elétricas por meio

da computação, explorando habilidades e conhecimentos na área da informática dessa geração.

## II. TRABALHOS RELACIONADOS

Os conceitos de eletromagnetismo que são base para a compreensão do funcionamento de máquinas elétricas são de difícil aprendizagem. Portanto, nos últimos anos, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos usando realidade aumentada e realidade virtual como ferramentas auxiliaadoras para o ensino desse conteúdo e de engenharia em geral. A seguir, tem-se um breve resumo de alguns trabalhos com esses propósitos.

O trabalho de [9], por exemplo, apresenta uma ferramenta que emprega Realidade Aumentada para auxílio no ensino do campo girante em um motor monofásico de corrente alternada. No ambiente criado por meio de uma webcam e um marcador, o aluno pode ver o campo magnético em 3D e interagir com ele, o que lhe proporciona uma compreensão comprovadamente mais aprofundada.

Já em [10] tem-se apresentado um sistema de apoio ao ensino de física no ensino médio utilizando a realidade virtual para simulação e visualização de situações envolvendo lançamento de projétil e movimento circular.

O trabalho de [5], apresentado na figura 1, mostra um sistema de Realidade Virtual para simulação do comportamento de um motor trifásico assíncrono. A modelagem 3D do motor foi feita utilizando o software 3DSMax: o usuário pode interagir com o motor por meio de operação virtual, vendo sua estrutura de vários ângulos e em graus diferentes de transparência.

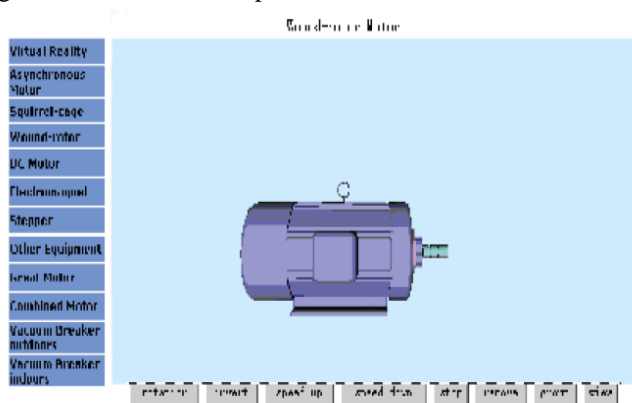


Fig. 1. Interface do sistema de RV desenvolvido por [5].

Além disso, o uso da Realidade Virtual como auxílio na educação também abrange outras áreas, como exemplifica o trabalho de [11], que exibe o desenvolvimento bem sucedido de uma plataforma em Realidade Virtual para auxílio no ensino de ortografia em algumas escolas públicas do país.

Tem-se também o trabalho de [12] que expõe um sistema, em realidade virtual, para simulação de um centro de torneamento-fresamento. Nesse sistema, simula-se o centro de torneamento-fresamento em movimento, bem como suas características e seu posicionamento.

Em função do que se observou na literatura atinente, partiu-se para o desenvolvimento deste estudo que visa desenvolver um sistema em realidade virtual que se preste como ferramenta auxiliar para o ensino de algumas disciplinas consideradas de difícil compreensão, como máquinas elétricas e conversão de energia.

## III. FERRAMENTAS UTILIZADAS

A utilização da realidade virtual busca o reconhecimento do ambiente real no mundo virtual. Esse ambiente foi criado com o auxílio dos programas 3DS MAX, Blender e Unity 3D.

### A. 3DS MAX

O 3DS MAX foi desenvolvido pela Autodesk para modelagem 3D e renderizações tanto de imagens como de animações. O usuário pode modelar quaisquer elementos por mais complexos que sejam, pois parte sempre de elementos primitivos (cubos, esferas, cilindros, dentre outros) [5].

A primeira vantagem a ser destacada é a existência de múltiplas viewports de sua interface: elas podem exibir a mesma cena em diferentes ângulos, o que permite o correto posicionamento de objetos 3D. A segunda vantagem é a possibilidade de dividir os objetos em camadas como agrupá-los e assim desligá-los para edição [13].

Ele foi empregado no presente projeto para a modelagem de vários objetos nas cenas. O modelo final pode ser exportado em diversos arquivos, inclusive o .fbx, formato compatível com o Unity3D, usado na programação. A desvantagem encontrada é ser um programa pago ou utilizado de forma limitada com a licença estudantil, portanto, preferiu-se migrar para o software Blender, de edição completa e distribuição livre.

### B. Blender

O Blender também é baseado em modelagem e animação 3D. Ele está sob a licença GNU–GPL, que permite a qualquer pessoa ter acesso ao código fonte do programa para que possa fazer melhorias, contanto que disponibilize tais melhorias à comunidade. Também oferece a possibilidade de se importar uma série de arquivos externos e de se escreverem textos em três dimensões [14].

Para a sua API de jogos, o programa tem como linguagem de programação o Python: uma linguagem orientada a objetos leve, rápida e robusta.

Dentre as vantagens do Blender em relação ao 3DS MAX estão o fato de ele ser gratuito, além de ser muito leve e possuir um vasto arcabouço de materiais e tutoriais. Entretanto, a sua interface é menos intuitiva do que a do 3DS MAX.

### C. Unity 3D

O Unity 3D é um game engine que acelera a produção de aplicativos de interface gráfica mais complexa. Dentre as vantagens em utilizá-lo, estão:

- Facilidade de modelar ambientes tridimensionais próprios para navegação e exploração;

- Fácil disposição do sistema na Internet a baixo custo computacional e de tráfego de rede;
- Grande realismo das peças se comparadas a estruturas reais.

O programador tem a opção de escolher uma das três linguagens orientada a objetos disponíveis: Boo, C# e Javascript. Também é possível importar objetos modelados de outras plataformas [15]. Isso foi realizado importando-se as modelagens do Blender e do 3DS MAX.

O Unity permite a utilização de câmeras que renderizam pontos distintos na cena, a fim de propiciar monitoramento simultâneo de diferentes áreas e objetos. O próprio sistema disponibiliza manuais de consulta e de treino, mas seu grande diferencial está na enorme comunidade de desenvolvedores, que sanam dúvidas em tempo real.

Ele tem uma versão de distribuição gratuita, que foi utilizada, e existe também uma versão paga com mais funcionalidades como a exportação para sistemas mobile.

#### IV. SISTEMA AUXILIAR: ARQUITETURA E UTILIZAÇÃO

A arquitetura foi dividida em dois módulos básicos independentes entre si. São eles o “Ensaio” e o “Apoio Didático”, cada um com suas respectivas subdivisões. O Ensaio divide-se em atividades que variam de um a oito. Já o Apoio Didático divide-se em: Explosão do Motor, Campo Girante e Simulador.

##### A. Ensaio

O módulo se baseia em ensaios realizados no laboratório de conversão de energia. Suas subdivisões são as atividades descritas no roteiro do experimento e tem por objetivo observar os efeitos de falta e inversão de fases no MIT (motor de indução trifásico) e realizar ensaios de rotor bloqueado e a vazio de forma a obter os parâmetros do circuito equivalente [16]. A figura 2 apresenta uma dessas atividades presentes no laboratório.

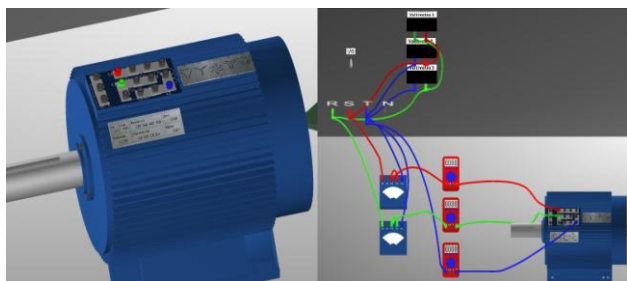


Fig. 2. Conexão do motor com plaquetas e cabos

As tarefas são apresentadas ao usuário a medida que este avança no programa. Essas divisões facilitam o desenvolvimento do código e reduzem o custo computacional, pois são criados blocos de códigos específicos para a tarefa em execução. A descrição da atividade e o roteiro no formato .pdf estão disponíveis no menu, juntamente com uma janela

de anotações, que podem ser salvas em um arquivo .txt. Esses resultados são previamente conferidos pelo programa, sendo utilizada uma margem de erro. Essa saída de dados é interessante para que haja a interação entre a plataforma e o laboratório.

Os objetos possuem um nível de verossimilhança suficiente para que os equipamentos do laboratório sejam reconhecidos e para que a modelagem não seja um limitador da placa gráfica. A figura 3 é um exemplo disso, onde se compara a bancada modelada e a bancada real do laboratório.



Fig. 3. Foto da bancada modelada e da real

##### B. Apoio Didático

O apoio didático fornece opções que complementam o ensino teórico. As subdivisões realizadas nesse módulo são: explosão do motor, campo girante e simulador. A explosão do motor foi criada devido a impossibilidade dos alunos de visualizarem as partes internas constituintes da máquina, conforme a Figura 4, considerando-se que em geral os motores do laboratório são lacrados. É possível estudar peça por peça por meio da exibição de informações adicionais sobre ela.

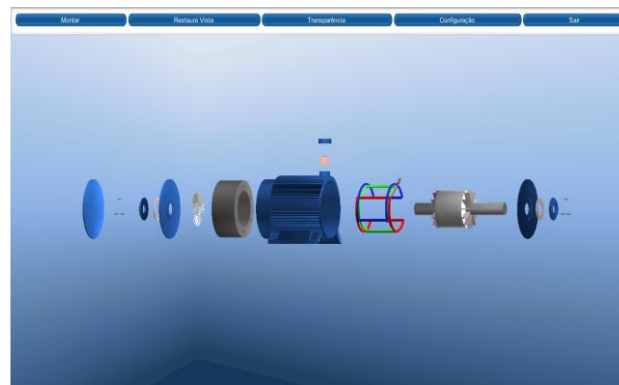


Fig. 4. Explosão do motor

A compreensão do campo magnético girante no entreferro do motor também se traduz em uma dificuldade observada em sala de aula. Para sanar esse problema, foram utilizados vetores para indicar os campos produzidos por cada enrolamento. Isso permite observar o campo produzido tanto para o caso equilibrado, como mostra a figura 4, quanto para o desequilíbrio, ou ainda no desligamento de uma das fases.

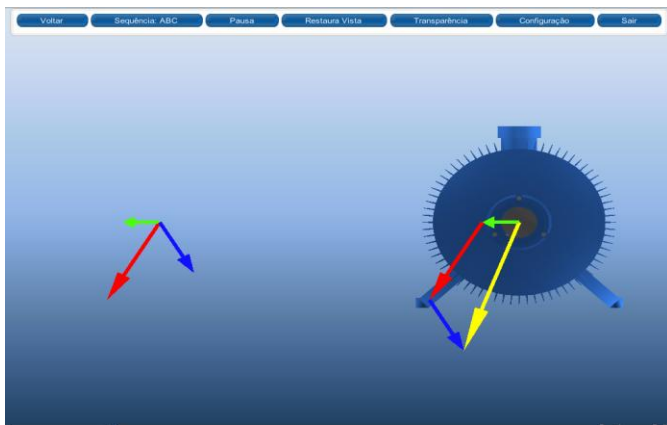


Fig. 5. Visualização do campo magnético girante

O simulador, apresentado na figura 5, permite ao usuário escolher diferentes configurações do motor e da carga. O passo de tempo é de 0,005 s, mas pode ser alterado de forma a eliminar possíveis oscilações. Os dados obtidos na simulação podem ser exportados para um arquivo .txt.

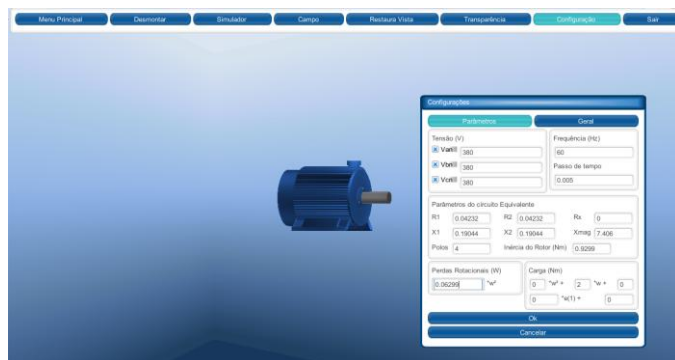


Fig. 6. Simulador

## V. CONCLUSÕES

Este artigo expôs as principais motivações e aspectos para a criação de um sistema de ensino de máquinas elétricas empregando realidade virtual.

Observando a necessidade de disponibilizar para os alunos uma ferramenta que auxiliasse na montagem dos experimentos e também os permitisse conhecer os procedimentos laboratoriais antes da prática, foi criado esse sistema.

Para tanto, coletou-se os dados e parâmetros das máquinas utilizadas no laboratório da Universidade para utilização nas máquinas virtuais. Visando-se contornar algumas limitações do tradicional processo de transferência de conhecimento na mencionada área, estruturou-se a ferramenta em dois módulos, de ensaio e de apoio didático.

Em seguida, descreveu-se detalhadamente cada módulo e submódulos da plataforma, elencando-se suas contribuições para o ensino de máquinas elétricas.

A explosão do motor possibilita aprender mais sobre a sua composição e a função de cada componente. Utilizando o simulador, o estudante pode verificar o comportamento da máquina para diferentes tipos de carga e situações de operação. Com a visualização dinâmica do campo magnético girante, pode-se observar a contribuição de cada enrolamento e a interação entre os diversos fluxos.

Dos testes executados, conclui-se que a plataforma didática tem potencial para servir de complemento ao tradicional método de ensino de máquinas elétricas. O aluno tem liberdade para trabalhar e manipular o MIT conforme sua disponibilidade de tempo, local e de forma que não seria possível no ensino tradicional. Por meio do ensaio virtual, o estudante tem disponibilidade de se preparar com antecedência para o ensaio em laboratório, verificando de antemão suas dúvidas e os resultados esperados. Após a aula prática, o aluno pode praticar novamente em sua residência, não havendo necessidade da presença de um supervisor nem o risco de danificar equipamentos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelas bolsas de auxílio e toda sorte de apoio ao projeto intitulado “DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA AUXILIAR PARA ENSINO DE ENGENHARIA ELÉTRICA EMPREGANDO-SE REALIDADE VIRTUAL”.

## REFERÊNCIAS

- [1] TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTO, R. Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada. Pará, Brasil: Editora SBC, 2006. 412 p.
- [2] KUROSE, J.; ROSS, K. Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down. 5ª ed. São Paulo, Brasil: Editora Pearson, 2010. 592 p.
- [3] BARILLI, E.; EBECKEN, N.; CUNHA, G. A tecnologia de realidade virtual como recurso para formação em saúde pública à distância: uma aplicação para a aprendizagem dos procedimentos antropométricos. *Revista Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, Brasil, v. 16, p. 1247 - 1256, 2011.
- [4] MARTINS, V.; OLIVEIRA, A.; GUIMARÃES, M. Implementação de um laboratório de realidade virtual de baixo custo: estudo de caso de montagem de um laboratório para o ensino de matemática. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, Rio Grande do Sul, Brasil, v. 5, n. 1, p. 98 - 112, abr. 2013.
- [5] TAO, G.; ZHANG, X.; ZHANG, Q. (2010). Virtual operation of motor based on the virtual reality technology. In: *Second International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*.
- [6] ABULRUB, A.; ATTRIDGE, A.; WILLIAMS, M. Virtual reality in engineering education: the future of creative learning. In: *Global Engineering Education Conference: Learning Environments and Ecosystems in Engineering Education, IEEE*, Amman, Jordan, 2011.
- [7] CARDOSO, A.; LAMOUNIER, Edgard; Tori, Romero, "A Virtual Physics Laboratory to Support Interactive Distance Learning", International conference on Engineering and Computer Education - ICECE 2000 - São Paulo, S.P., anais em CDRom, Agosto de 2000.
- [8] CARDOSO, A.; LAMOUNIER, E. e TORI, R., Sistema de criação de experiências de física em realidade virtual para educação a distância, *II Workshop Brasileiro de Realidade Virtual, WRV 99*, pp 174-181, Marília, 1999.
- [9] MACEDO, S.; FERNANDES, F.; LEITE, E.; LIMA, J.; BIASUZ, M.(2012). Uso de realidade aumentada como apoio ao ensino do campo

girante de um motor de corrente alternada. In: *XXIII Simpósio Brasileiro de Informática e Educação*. Rio de Janeiro.

- [10] FORTE, C.; OLIVEIRA, F.; SANTIN, R.; KIRNER, C. Implementação de Laboratórios Virtuais em Realidade Aumentada para Educação à Distância. In: *Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*, São Paulo, Brasil, 2008.
- [11] MARTINS, V.; ABREU, F.; MILITINO, R.; FUKUOKA, S.; GUIMARÃES, M. (2012). Estratégia de desenvolvimento, implantação e avaliação do uso da realidade virtual na educação: estudo de caso na área de português. In: *XXIII Simpósio Brasileiro de Informática e Educação*. Rio de Janeiro.
- [12] ZHU, L.; YANG, J.; PEI, J.; WANG, W. (2010) Study on motion simulation of turn-milling center based on virtual reality. In: *International Conference on Audio, Language and Image Processing, IEEE*. Xangai, China.
- [13] CALCIOLARI, F. *3DS Max: modelagem, render, efeitos e animação*. 1ª Edição. Brasil: Editora Érica, 2011. 424 p.
- [14] BRITO, A. *Blender 3D: guia do usuário*. 4ª Edição. Brasil: Editora Novatec, 2008. 483p.
- [15] WANG, S.; MAO, Z.; ZENG, C.; GONG, H; LI, H; CHEN, B. (2010). A new method of virtual reality based on Unity3D. In: *18th International Conference on Geoinformatics*, Pequim, China.
- [16] CARVALHO, G. *Máquinas elétricas: teoria e ensaios*. 1ª Edição. Brasil: Editora Érica, 2006. 260 p.