

# AMBIENTE MULTIMÍDIA PARA O ENSINO DE MÁQUINAS ELÉTRICAS: UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR

Antonio Lopes de Souza<sup>a</sup>, Margareth Guimarães Martins<sup>b</sup>, Maria Ana Quaglino<sup>c</sup>, Sergio Sami Hazan<sup>d</sup>, Walter Issamu Suemitsu<sup>e</sup>

## RESUMO

O presente artigo descreve a experiência multidisciplinar do Laboratório LANTEG do Departamento de Engenharia Elétrica da UFRJ na construção de novas tecnologias para o Ensino de Engenharia Elétrica, por meio do desenvolvimento do portal *Museu Histórico Virtual de Máquinas Elétricas*. No referido Museu são encontrados diversos recursos multimídia que fornecem um poderoso instrumental para o ensino, a aprendizagem e a divulgação de fenômenos do eletromagnetismo, notadamente os relacionados ao tema máquinas elétricas. Além disso, a execução do trabalho permitiu a formação de uma equipe de pesquisa caracterizada pelo uso da combinação do conhecimento da Engenharia Elétrica, História e Computação gráfica para refletir sobre o funcionamento das máquinas elétricas modernas a partir de suas origens.

*Palavras-chave:* Engenharia elétrica, máquinas elétricas, história da ciência e da tecnologia, realidade virtual, multimídia, interatividade, divulgação científica, ensino de engenharia elétrica.

## ABSTRACT

This article describes the work of the LANTEG's multidisciplinary research group in building a "Virtual Historical Museum of Electrical Machines". The LANTEG is a laboratory attached to the Department of Electrical Engineering at the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ) and is dedicated to the development of new educational tools for the teaching of electricity and electromagnetism through the use of multimedia technologies. The Virtual Museum of Electrical Machines is a website where potential users (engineering students and instructors, among others) can find multimedia resources to learn and teach several aspects of the electromagnetic phenomena through the use of the history of the electrical machines designed in the nineteenth century. This work led to the formation of a group whose main interest is to research the combination of knowledge on electrical engineering, history and computer graphics in developing educational resources.

*Keywords:* Electrical engineering, electrical machines, history of science and technology, virtual reality, multimedia, interactivity, science communication, teaching of electrical engineering.

<sup>a</sup> Professor Adjunto, Ph.D, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica, Projeto LANTEG - Laboratório de Novas Tecnologias para o Ensino de Engenharia Elétrica, Centro de Tecnologia, Bloco H, sala I-154-B, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, CEP 21945- 970. Caixa Postal 68515. Telefone: 55- 21 – 2562-8022 , e-mail: lopes@dee.ufrj.br

<sup>b</sup> meggmartins@globocom

<sup>c</sup> mariaana@alternex.com.br

<sup>d</sup> sergio@dee.ufrj.br

<sup>e</sup> walter@dee.ufrj.br

## INTRODUÇÃO

O trabalho trata da nossa experiência na concepção e desenvolvimento de um museu virtual de máquinas elétricas no Laboratório LANTEG – Laboratório de Novas Tecnologias para o Ensino da Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica da UFRJ. A equipe do Laboratório caracteriza-se por ser multidisciplinar, que conjuga o uso das modernas tecnologias da comunicação e da informação no desenvolvimento de recursos didáticos e para - didáticos a serem utilizados na formação de engenheiros eletricitistas. Para tanto, o LANTEG possui três professores - doutores em Engenharia Elétrica e duas pesquisadoras - doutoras em História. O artigo em pauta descreve a metodologia utilizada no desenvolvimento do citado museu, bem como explica a sua importância. O acervo do Museu Histórico Virtual de Máquinas Elétricas é composto por imagens, hipertextos, vídeos em computação gráfica, curtas - metragens, arquivos de realidade virtual e arquivos de apresentações.

## O OBJETO

O objeto do nosso trabalho são os dispositivos eletromecânicos construídos entre 1820 e 1890, na Europa e nos Estados Unidos, que permitem observar, pela sua simplicidade e construção aberta, alguns princípios básicos do funcionamento das modernas máquinas elétricas. O período abarca as primeiras experiências que conjugam eletricidade, magnetismo e movimento, até a produção de modelos estáveis de motores e geradores que permitiram a criação de uma demanda pelo uso intensivo de eletricidade. Desta forma, enfocamos dois importantes períodos da evolução do Capitalismo, correspondentes à Pré - Revolução Industrial e a Revolução propriamente dita e sua expansão, que levaram a afirmação de uma nova matriz energética, baseada na eletricidade e no petróleo.

A especificidade de nossa experiência é um olhar mais amplo sobre a questão da tecnologia: ressaltamos a natureza humana da produção técnica e científica. A própria estrutura de nosso Museu Virtual reflete tal experiência, tanto em termos metodológicos, quanto de apresentação de resultados. O ponto de partida para a escolha das máquinas foi a pesquisa sobre a vida de seus construtores, empresários e cientistas. Todos os agentes estudados de alguma forma contribuí-

ram para tornar as máquinas viáveis técnica e comercialmente. As biografias revelaram detalhes da ampla rede de relacionamento existente entre os agentes, onde circulavam informações sobre as inovações das máquinas elétricas. Essa rede era formada em sociedades técnicas e científicas, nas Exposições Universais, nos estágios e empregos em laboratórios, oficinas e empresas e nas publicações diversas. As biografias foram importantes para uma seleção mais criteriosa do acervo de máquinas e trouxeram outras informações relevantes para a descrição do mesmo<sup>1</sup>.

A pesquisa bibliográfica foi feita em Manuais da época, Patentes, Relatórios das Exposições Internacionais, *papers* das Sociedades Científicas, periódicos diversos, notadamente os de divulgação científica da época estudada<sup>2</sup>. As fontes secundárias e primárias foram pesquisadas intensivamente na Internet e na Biblioteca de Obras Raras ou Antigas do Centro de Tecnologia da UFRJ.

## A EXPERIÊNCIA MULTIDISCIPLINAR

A base da metodologia empregada foi a fusão da Engenharia Elétrica, da História e da Computação Gráfica, de forma que o desenvolvimento de recursos de multimídia conjugasse a informação histórica com o conhecimento técnico sobre o funcionamento das máquinas elétricas.

O caráter biográfico e técnico do trabalho e o período da Física e da Engenharia estudado deram uma tradução mais clara do que foi a ampla Revolução Industrial do século XIX, que se prolongou até o século XX. Neste período o uso da eletricidade solidificou-se como uma das matrizes energéticas, como dissemos acima, e difundiu-se no uso cotidiano das cidades de maior porte.

A História da Ciência e da Tecnologia foi usada para estudar, compreender e descrever as máquinas elétricas, analisar a teoria conceitual utilizada para a construção das mesmas, resgatar o papel do inventor e do empresário no desenvolvimento tecnológico através da sua biografia, das suas relações com as instituições técnicas e científicas, com outros inventores e com a economia e a sociedade da época no Ocidente. A pesquisa histórica teve como diretriz a consideração da natureza humana do conhecimento.

A fusão do conhecimento, possível pelas características da equipe e do trabalho, teve como primeiro resultado um produto original, que contempla as máquinas e seus agentes de forma contextualizada e interativa. É importante ressaltar que todos os membros da equipe possuem experiência de multimídia na construção de recursos educacionais.

## A ESTRUTURA DO MUSEU

O Museu é um portal sediado na Internet, cuja página de acesso está disponível no endereço eletrônico <http://www.dee.ufrj.br/Museu/>. Ele possui 204 páginas, contem mais de 1.100 links e aproximadamente 220 imagens, quatro filmes convencionais, oito filmes desenvolvidos a partir de arquivos de realidade virtual e oito máquinas em realidade virtual não imersiva. São ao todo 101 máquinas elétricas e 73 biografias de inventores, empresários e cientistas.

As imagens foram obtidas a partir de fotografias digitais, ou via *scanner*, de manuais e catálogos da época, que passaram por um processamento digital ligeiro, de forma a tornar detalhes observáveis e ao mesmo tempo preservar as marcas do tempo existentes nos originais.

Cada máquina e cada agente apresentado no museu possui uma página própria que remete a temas correlatos. Oito destas máquinas foram replicadas em realidade virtual, usando a tecnologia VRML – Virtual Reality Modeling Language – um dos padrões para o desenvolvimento de arquivos 3D interativos e acessíveis via Internet<sup>3</sup>. A opção pela linguagem VRML deveu-se ao fato de que ela permite que as réplicas desenvolvidas sejam visualizadas *online*, fora do ambiente acadêmico, o que contribui para a democratização do acesso ao conhecimento. Essa opção permite também que, máquinas que não poderiam ser manipuladas por serem peças de museu ou existirem apenas em imagens, possam ser manuseadas por qualquer pessoa. Os mes-

mos arquivos que deram origem às réplicas em realidade virtual foram também utilizados para gerar animações em computação gráfica com a descrição em áudio do funcionamento das mesmas. Os vídeos estão disponíveis tanto na página do Museu, quanto no *YouTube*, de forma a aumentar o número de visitantes.

Além dos vídeos em computação gráfica, foram produzidos, com câmera digital, quatro pequenos vídeos, sendo que três deles tratam dos primeiros dispositivos que deram origem aos motores e geradores contemplados no Museu Virtual e um sobre a relação de máquinas elétricas antigas e modernas e o Laboratório de Máquinas do Departamento de Engenharia Elétrica da UFRJ. Existem também dois instrumentos de apoio ao usuário: um glossário, concebido para leigos, e uma bibliografia.

Optamos por um design simples, porém, com cruzamentos complexos de links, com objetivo de facilitar a navegação e concentrar a visibilidade nas máquinas e nos agentes estudados, como pode ser observado nas imagens abaixo. A estrutura do web site permite que o usuário navegue de acordo com as suas próprias prioridades, valorizando a interatividade, como pode ser visto, por exemplo, na página de abertura do web site representada na figura 1. A figura 2 mostra a página de abertura do módulo de biografias dos agentes envolvidos na construção das máquinas elétricas analisadas no projeto. Ainda como exemplo da estrutura do web site, apresentamos o módulo multimídia focalizando William Ladd (1815-1867) e sua mais notável máquina., que está representado nas figuras 3 a 5. Esta estrutura se repete nas oito máquinas representadas em realidade virtual, enquanto as demais máquinas têm representação apenas nas telas correspondentes à biografia do seu inventor e à imagem da máquina. As figuras 4 e 5 permitem a comparação entre a imagem original da máquina de William Ladd obtida nas fontes de pesquisa com um dos ângulos tomados de sua réplica em realidade virtual desenvolvida pela equipe do projeto.



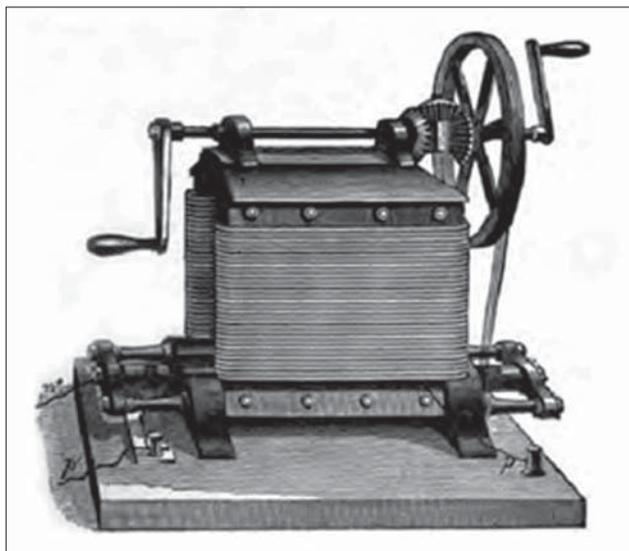


Figura 4 - Máquina de Ladd, original fotografado e restaurado a partir do texto "Magneto Electric and Dynamo Electric Machines" de H. Schellen, 1884.

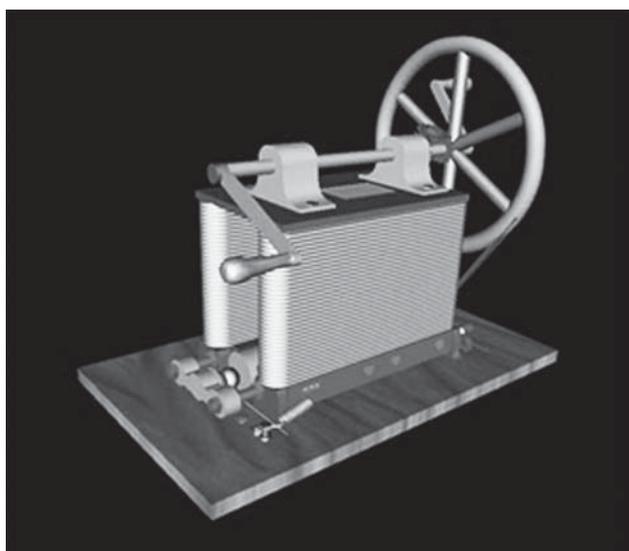


Figura 5 - Imagem obtida a partir da réplica em realidade virtual da Máquina de Ladd.

## CONCLUSÃO

O Museu Histórico Virtual de Máquinas Elétricas do LANTEG/DEE-UFRJ ao reunir em um único ambiente hipertextos, imagens, sons, vídeos, animações, sistemas de apresentações e realidade virtual proporciona aos seus usuários, notadamente, professores e estudantes dos fenômenos do eletromagnetismo de diversos níveis, um poderoso instrumental nas áreas da educação e da divulgação científica. Pois, a fusão do conhecimento da Engenharia Elétrica e da História, aliada às modernas tecnologias de informação e

da comunicação *online* oferece aos visitantes do museu uma experiência enriquecedora, na medida em que os mesmos são estimulados a entrar em contato direto com máquinas antes inacessíveis e a adotar uma postura interativa e construtora de seu próprio conhecimento. Para tanto, a realidade virtual permite a manipulação de diversas máquinas, enquanto os demais elementos multimídia do projeto garantem informações imprescindíveis para a explicação do funcionamento das mesmas e dos fenômenos relacionados, ao mesmo tempo em que apontam caminhos para o aprofundamento dos conhecimentos por meio de um glossário e de uma extensa bibliografia, em boa parte de conteúdo acessível via Internet.

Neste sentido, vários segmentos poderão se beneficiar da navegação no Museu Histórico Virtual de Máquinas Elétricas: professores de Engenharia Elétrica, de Física, de Ciências e de História da Ciência em diversos níveis têm a seu dispor recursos didáticos e para - didáticos; estudantes de diversos níveis podem utilizar o conteúdo do Museu como referência para suas pesquisas; jovens estudantes podem encontrar sua vocação no estudo dos fenômenos do eletromagnetismo, em geral, e na pesquisa e desenvolvimento de máquinas elétricas, em particular e o público em geral usuário de eletricidade pode obter informações sobre o tema. A forma direta, lúdica e interativa do Museu contribui para que as informações sejam propagadas de maneira agradável e eficiente para todos os tipos de visitantes.

Ao desenvolvermos o Museu aqui descrito tínhamos objetivos focados no ensino, aprendizagem e divulgação científica. Não obstante, o trabalho resultou em um efeito adicional: a consolidação de um grupo de pesquisa multidisciplinar que, além de comprometido com a produção de novas tecnologias para o ensino de Engenharia Elétrica, está envolvido na pesquisa aprofundada e sistemática da história das máquinas elétricas, utilizada como estratégia para compreensão de fenômenos do eletromagnetismo, de suas aplicações e de princípios comuns a máquinas elétricas contemporâneas. O resultado prático tem sido a produção de textos científicos e de divulgação científica sobre o tema, alguns dos quais serão incorporado às páginas do Museu e de novos projetos de temas afins, nos quais a interatividade e a quantidade de informações disponíveis on-line serão ampliadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<sup>1</sup>Sobre o tema ver, por exemplo, BOURDIEU, Pierre. "L'illusion biographique", *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, (62-63): 69-72, juin., 1986; CHARTIER, Roger. "A história hoje: dúvidas, desafios, propostas", *Estudos Históricos*, Rio de Janeiro, Cpdoc/FGV, vol. 7, n° 13, 1994, p. 97-113; CHAUSSINAND-NOGARET, G. "Biografia (História)", em BURGUIÈRE, André (org.), *Dicionário das Ciências Históricas*. Rio de Janeiro, IMAGO, 1993, p. 95-97; LE GOFF, Jacques. "Comment écrire une biographie historique aujourd'hui?", *Le Débat*, n. 54, mars-avril 1989; LEVI, Giovanni. "Les usages de la biographie", *Annales, ESC*. Paris, Armand Colin, 44 année, n° 6, nov.-dec. 1989, p. 1325-1336; ORIEUX, Jean. "A arte do biógrafo", em DUBY, Georges e outros, *História e nova história*. Lisboa, Teorema, 1986; STONE, Lawrence. "O ressurgimento da narrativa. Reflexões sobre uma nova velha história", *RH - Revista de História*. Campinas, IFCH/Unicamp, inverno 1991, p. 13-37.

<sup>2</sup> Dentre os diversos manuais que utilizamos estão: ANNETT, F. A. *Connecting and Testing Direct Current Machines*. Nova York: McGraw Hill, 1937; \_\_\_\_\_. *Electrical Machinery: a practical study course on installation, operation and maintenance*. Nova York: McGraw-Hill, 1921. [online]. Disponível na internet via <http://www.archive.org/stream/electricalmachin00anneoft#page/n6/mode/1up>. Arquivo capturado em outubro de 2008; CHRISTIE, Clarence Victor. *Electrical Engineering: the theory and characteristics of electrical circuits and machinery*. Nova York: McGraw-Hill Book Company, 1918. [online] Disponível na internet via <http://www.archive.org/stream/electricalengine00chriuoft#page/n5/mode/2up>. Arquivo capturado em outubro de 2008; CLEMENCEAU, P. *Les Machines Dynamo-Électriques: de leur origine jusqu'aux derniers types industriels*. Paris: Bernard Tignol, Editeur, s/d; CROCKER, FRANCIS B. & ARENDT, MORTON. *Electric Motors: their action, control and application*. Nova York: D. Van Nostrand Company, 1910. [online]. Disponível na internet via <http://www.archive.org/stream/electricmotorst01arengoog#page/n5/mode/1up>. Arquivo capturado em outubro de 2008; GEE, B. *The early development of the magneto-electric machine*. [online]. Disponível na internet via <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsi dt=4936151>. Arquivo capturado em outubro de 2008; MORECROFT, J. H. *Continuous and Alternating Current Machinery: an elementary test-book for use in technical schools*. Nova York: John Wiley & Sons/London: Chapman & Hall, 1915. [online]. Disponível na Internet via <http://www.archive.org/stream/continuousandal01moregoog#page/n6/mode/1up>. Arquivo capturado em outubro de 2008; MORECROFT, J. H. & HEHRE, F. W. *A Short Course in Testing of*

*Electrical Machinery For Non-Electrical Students*. [online]. Disponível na Internet via <http://www.archive.org/stream/ashortcourseint00moregoog#page/n7/mode/1up>. Arquivo capturado em outubro de 2008; PENDER, Harold (org.) *Handbook for Electrical Engineers: a reference for practicing engineers and students of engineering*. Nova York: John Wiley & Sons, 1936; THOMPSON, Silvanus. *Traité Théorique et pratique des Machines Dynamo-électriques*. Paris: Ch. Béranger, 1911.

<sup>3</sup> Pesce, M.D.; Kenard, P.; Parisi, A. S.; "Cyberspace", 1994, <http://www.hyperreal.org/~mpesce/www.html>

## DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

### Antonio Lopes de Souza



Engenheiro Eletrônico pela UFFa., Mestre em Ciências de Engenharia Elétrica, pelo Instituto Militar de Engenharia (IME), Ph.D. em Engenharia Elétrica pela UMIST/The University of Manchester Institute of Science and Technology/ Reino Unido (1996). Professor, pesquisador e coordenador do Projeto LANTEG do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, atuando nas áreas de realidade virtual e desenvolvimento de sistemas de multimídia aplicados ao ensino/aprendizagem da Engenharia Elétrica.

### Margareth Guimarães Martins



Historiadora, Bacharel em História e Mestre em História do Brasil pela UFRJ, D.Sc. em História Econômica pela USP. Atua como pesquisadora do Projeto LANTEG do Departamento de Engenharia Elétrica da UFRJ nas áreas de História da Ciência e no desenvolvimento de sistemas multimídia para educação e divulgação científica, entre outras.

### **Maria Ana Quaglino**



Historiadora, Bacharel e Licenciada em História pela UFF, Mestre em História do Brasil pela UFRJ, Ph.D. em História pela UCLA/Universidade da Califórnia. Atua como pesquisadora do Projeto LANTEG do Departamento de Engenharia Elétrica da UFRJ nas áreas de História

da Ciência e no desenvolvimento de sistemas multimídia para educação e divulgação científica, entre outras.

### **Sergio Sami Hazan**



Possui graduação em Engenharia Elétrica pela PUC-RJ, Mestrado em Sistemas de Potência e é Ph.D. pela UMIST/The University of Manchester Institute of Science and Technology/Reino Unido (1990). Professor Associado e pesquisador do Projeto LANTEG do Departamento de Engenharia Elétrica da UFRJ. Atua nas áreas de Sistemas Elétricos de Potência, Proteção de Sistemas Elétricos e Circuitos Digitais.

Atua nas áreas de Sistemas Elétricos de Potência, Proteção de Sistemas Elétricos e Circuitos Digitais.

### **Walter Issamu Suemitsu**



Possui Graduação em Engenharia Elétrica pela USP, Mestrado em Engenharia Elétrica pela COPPE – UFRJ e é Dr. Ing em Engenharia pela École National Supérieur D'ingénieurs Électriciens de Grenoble. Professor Associado da Escola Politécnica e da COPPE,

UFRJ e pesquisador do Projeto Lanteg do DEE/UFRJ. Atua nas áreas de conversores eletrônicos, acionamento eletrônico de máquinas elétricas, aplicações de controle fuzzy, redes neurais no controle de máquinas elétricas, aplicação de conversores eletrônicos em sistemas de geração utilizando fontes renováveis.