
JAVA APPLETS PARA UM SOFTWARE EDUCACIONAL DISTRIBUÍDO EM ELETRÔNICA DE POTÊNCIA

Flávio A. S. Gonçalves*
flavio@dee.feis.unesp.br

Carlos A. Canesin†
canesin@dee.feis.unesp.br

*Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS, Universidade Estadual Paulista - UNESP – DEE
Av. Brasil Centro, 56, P.O. Box. 31, 15385-000, Ilha Solteira – SP - Brasil

ABSTRACT

This paper introduces Java applet programs for a WWW (world wide web)-HTML (hypertext markup language)-based multimedia course in Power Electronics. The applet programs were developed with the purpose of providing an interactive visual simulation and analysis of idealized uncontrolled and controlled single-phase, and three-phase rectifiers. In addition, this paper discusses the development and utilization of Java applet programs to solve some design-oriented equations for rectifier applications. The major goal of these proposed Java applets was to provide more facilities for the students increase their pace in Power Electronics course, emphasizing waveforms analysis, and providing conditions for an on-line comparative analysis among different hands-on laboratory experiences, via a normal Internet TCP/IP connection. Therefore, using the proposed Java applets, which were embedded in a WWW-HTML-based course in Power Electronics, was observed an important improvement of the apprenticeship for the content of this course. Therefore, the course structure becomes fluid, allowing a true on-line course over the WWW, motivating students to learn its content, and apply it in some applications-oriented projects, and their home-works.

KEYWORDS: Power electronics, Java applets, rectifiers simulation through Internet, computer aided learning, computer based training.

RESUMO

Este artigo apresenta programas na forma de *Java applets* para um sistema de auxílio ao ensino multimídia de um curso em Eletrônica de Potência baseado na WWW (world wide web). Os programas foram desenvolvidos com o propósito de analisar os circuitos retificadores não-controlados (a diodos) e controlados (a tiristores), monofásicos e trifásicos, idealizados e em regime permanente, permitindo a simulação visual e interativa dos mesmos. Além disso, este artigo aborda o desenvolvimento e a utilização de *Java applets* para resolução de algumas equações de projetos orientados para aplicações destes retificadores. O principal objetivo destas *Java applets* propostas foi o de proporcionar maiores facilidades para os estudantes aumentarem e melhorarem o ritmo de aprendizado no curso de Eletrônica de Potência, enfatizando-se as análises das formas de onda e proporcionando condições para uma efetiva análise comparativa imediata (on-line) entre diferentes experiências desenvolvidas em laboratório, através da conexão TCP/IP padrão da Internet. Portanto, à partir da utilização das *Java applets* propostas, que estão inseridas em um sistema de auxílio ao ensino do curso de Eletrônica de Potência baseado na WWW, foi observado uma importante melhoria no aprendizado do conteúdo do curso. Conseqüentemente, a estrutura do curso tornou-se mais fluida, permitindo efetivamente um curso *on-line* através da WWW, motivando os alunos a aprender o conteúdo teórico, aplicando-o em projetos de estruturas retificadoras e nos seus deveres escolares.

Artigo submetido em 17/04/01

1a. Revisão em 21/02/02; 2a. revisão em 07/03/02

Aceito sob recomendação do Ed. Assoc. Prof. Denizar C. Martins

PALAVRAS-CHAVE: Eletrônica de potência, *Java applets*, simulação de retificadores via internet, aprendizado auxiliado por computadores, treinamento auxiliado por computadores.

1 INTRODUÇÃO

Um dos alicerces de um país para a sustentação de seu desenvolvimento é a educação. Nas últimas décadas, pesquisadores vem tentando o refinamento de conceitos, técnicas e o desenvolvimento de novas ferramentas para auxiliar o aprimoramento do processo educacional em diversos níveis (Hwang, 1999).

A forma tradicional de ensino apresentada nas salas de aula pode ser complementada com o emprego de sistemas de ajuda interativos baseados em computadores, envolvendo tanto o ensino quanto o treinamento (Debebe e Rajagopalan, 1995). Estes sistemas proporcionam um ambiente de aprendizado de alta qualidade, ajudando a melhorar a produtividade do professor e, conseqüentemente, a qualidade do aprendizado do aluno (Huelsman, 1986).

A evolução dos computadores, em conjunto com a disseminação cada vez maior da Internet (rede internacional de computadores), tornou fácil o acesso à informação, de quase todos os lugares, a qualquer hora e respeitando o ritmo do usuário. O advento das tecnologias de hipermídia acompanhado por hipertextos, simulações interativas, vídeos e sons, originaram um mecanismo novo e efetivo de entrega de informações com o poder de criar laboratórios virtuais e salas de aula virtuais (Bengu e Swart, 1996).

Por outro lado, ainda (2001), o ensino de circuitos em Eletrônica de Potência geralmente utiliza uma metodologia baseada em livros texto, onde conceitos são apresentados de forma estática. Além disso, deve ser observado que apesar das tecnologias disponíveis, infelizmente, o ensino ainda permanece em um estado primitivo de desenvolvimento e os professores de hoje não são melhores que aqueles de 20 anos atrás, pois continuam ensinando da mesma forma como foram ensinados. Embora alguns destes métodos tradicionais funcionem, a utilização de simulações computacionais e de ferramentas gráficas orientadas a objeto, para ilustrar os conceitos de uma forma mais dinâmica e interativa, proporcionam aos alunos uma maneira mais agradável de visualização dos conceitos mais importantes, usualmente difíceis de se reproduzir nos moldes das tradicionais salas de aula (Hart, 1993; Debebe e Rajagopalan, 1995; Bengu e Swart, 1996; Pekarek e Skavarenina, 1999; Hwang, 1999; Renshaw *et al.*, 2000; Latchman *et al.*, 1999).

Um dos mais importantes fatores referentes à produtividade na educação é o desejo de aprender do aluno. Pode-se melhorar este desejo apresentando o material do curso de uma maneira mais atrativa, fato que motiva e encoraja os estudantes a aprenderem mais e com mais qualidade (Al-Holou e Ibrahim, 1998).

Nestes últimos anos, diversos pesquisadores vem buscando o desenvolvimento de ferramentas de auxílio ao ensino que possam ser executadas em ambientes distribuídos, que sejam reutilizáveis e proporcionem um elevado nível de interação. Ou seja, uma ferramenta que permita um ensino efetivo *on-line* através da WWW. Neste sentido, uma das principais plataformas utilizadas, por suas vantagens intrínsecas, é a *Java* (Wie, 1998).

Neste contexto, este artigo apresenta algumas *Java applets* para um sistema de auxílio ao ensino distribuído de um curso em Eletrônica de Potência baseado na WWW, que pode ser acessado gratuitamente no seguinte endereço eletrônico: <http://www.dee.feis.unesp.br/gradua/elepot/principal.html> (Gonçalves e Canesin, 2001a e 2001b).

2 SISTEMAS DE AUXÍLIO AO ENSINO

Atualmente existem duas categorias definidas de aplicação das tecnologias baseadas em computadores ligados ao ensino, o aprendizado assistido por computadores (CAL – *Computer Aided Learning*) e o treinamento baseado em computadores (CBT – *Computer Based Training*).

O aprendizado assistido por computadores é baseado na utilização de computadores como ferramentas para promover o aprendizado. Operando com um agente, que inserido em um ambiente de ensino, fornece um novo mecanismo de transmissão de informações.

Por outro lado, o treinamento baseado em computadores focaliza a utilização dos computadores como facilitadores do aprendizado de tarefas específicas em um determinado domínio do conhecimento, empregando quase sempre simulações computacionais em seus estágios.

Os sistemas de CAL e CBT vêm passando por muitos estágios de desenvolvimento desde o seu início na década de 1950. Os estágios de evolução foram geralmente desencadeados por um conjunto de revisões para melhorias, usualmente depois do fracasso de uma metodologia, ou pelo surgimento de novas tecnologias de *hardware* e *software* proporcionando novos ambientes para pesquisa. Com o passar dos anos, o trabalho de classi-

ficação e identificação dos erros anteriores, conduziu a uma melhora no esboço dos projetos iniciais. Remanescente em todas as evoluções das metodologias foi a conclusão principal, que é a verificação de que a utilização de computadores na educação melhora a produtividade.

As principais metodologias procuram substituir o material didático tradicional ou algumas funções do professor, como: apresentação, arguição e até ensino.

Um dos primeiros consensos foi o reconhecimento de que ensinar é uma tarefa tão complexa que os computadores poderiam apenas proporcionar um auxílio no ensino ao invés de “substituir” completamente os professores em todos os sentidos. Logo, computadores passaram a ser vistos como ferramentas, que ofereciam recursos de estruturas audiovisuais complementares (Raymond e Pilon, 1994).

Os estudantes podem aprender melhor e mais depressa quando são estimulados por um alto nível de interatividade, podendo seguir um modo pessoal de aprendizado. Em particular, eles podem personalizar sua participação junto ao software didático, estabelecendo a quantidade de tempo gasto em cada tópico e determinando seus próprios passos de aprendizado.

Alguns pesquisadores têm concentrado seus esforços no desenvolvimento de sistemas do tipo CAL, desenvolvidos para funcionarem como um ambiente individual de aprendizado, onde o foco dos trabalhos se concentra nas interações entre o conjunto composto pelos estudantes e o computador. Neste contexto, a linguagem de programação *Java*, na forma de *Java applets*, proporciona uma plataforma aberta, distribuída, e expansível para um sistema de auxílio ao ensino (Chirico *et al.*, 1997; Wie, 1998).

A plataforma *Java* foi introduzida pela Sun Microsystems Inc. e apresenta informações tecnológicas (IT) de arquiteturas para integração de diferentes plataformas, *Java applets* apresentam independência de plataforma, sendo executadas em qualquer navegador da rede (web), bem como permitindo a integração com a Internet (Kramer, 1996). Por outro lado, as principais características de *Java* (modelo seguro, acesso à web, arquitetura neutra, desenvolvimento rápido, portabilidade e robustez) a tornam uma poderosa plataforma para o controle industrial, bem como, para o desenvolvimento de sistemas de controle (Gosling e McGilton, 1996).

As *Java applets* são escritas na forma de programação orientada a objetos (POO) e podem ser facilmente incluídas em um documento HTML, em conjunto com outros elementos multimídias como figuras, vídeos e sons,

permitindo uma fácil configuração de materiais de ensino multimídia dinâmicos.

Sendo as *Java applets* desenvolvidas para operar em ambientes distribuídos baseados na WWW e nas tecnologias da Internet, qualquer computador habilitado com Internet torna-se uma estação potencial de “ensino”, ou, “controle”, introduzindo-se os novos conceitos de “professores virtuais” e “engenheiros virtuais”, respectivamente.

As principais vantagens do sistema de ensino baseado na WWW são a independência de tempo e espaço, permitindo um grande número de possíveis atendimentos simultâneos, além de possuir uma interface simples e familiar, devido à metodologia estar baseada na utilização de um navegador de rede (web browser).

3 DESENVOLVIMENTO E ORGANIZAÇÃO DAS JAVA APPLETS

As *Java applets* propostas foram desenvolvidas para auxiliar o ensino de Eletrônica de Potência no nível de graduação do curso de engenharia elétrica.

O principal objetivo das *Java applets* propostas, utilizadas como ferramentas de ensino inseridas em um curso baseado nas tecnologias WWW-HTML, é proporcionar uma visualização interativa de simulações de circuitos em regime permanente de Eletrônica de Potência. Estas *applets* permitem a visualização interativa das principais formas de onda, cálculos de valores médios e eficazes de importantes variáveis do circuito, assim como, modificações pelo usuário em todos os parâmetros do circuito em análise.

Logo, o processo de simulação e os resultados em regime permanente podem ser apresentados para o estudante em tempo real, ilustrando importantes conceitos que seriam difíceis de se reproduzir nas tradicionais salas de aula.

Observa-se ainda que a simulação de circuitos tornou-se uma importante ferramenta em muitos cursos de engenharia, assim, estas *Java applets* propostas são uma contribuição para uma análise introdutória de alguns circuitos de Eletrônica de Potência idealizados, proporcionando por si só uma plataforma interativa *on-line* para simulação de circuitos através da WWW.

Entretanto, outras importantes ferramentas, como Pspice e Saber, por exemplo, são veementemente recomendadas para análises complementares e avançadas. Portanto, para o ensino de Eletrônica de Potência com elevada qualidade, estas ferramentas adicionais devem ser adotadas, complementando a análise introdutória pro-

porcionada pelas *Java applets* propostas.

Além disso, as *Java applets* foram inseridas em outro curso de Eletrônica de Potência baseado em Visual Basic (sistema educacional fechado), denominado LEP2000. O curso LEP2000 foi disseminado para os estudantes em uma versão de CD-ROM, permitindo o acesso a estas ferramentas, principalmente em seus lares, independente da necessidade de conexão com a Internet, a qual nem sempre está disponível para os estudantes no Brasil. Portanto, estes ambientes interativos de aprendizado devem encontrar um maior número de usuários no futuro, à medida que mais estudantes possuem acesso às redes de computadores onde eles estudam e vivem.

Informa-se ainda que o CD-ROM citado foi gerado incluindo o LEP2000 na sua versão em Visual Basic e o conteúdo do curso de Eletrônica de Potência presente na WWW em HTML, ambos com as *Java applets* inseridas. Este CD-ROM foi distribuído gratuitamente para os estudantes da disciplina, juntamente com o tradicional livro texto.

Salienta-se que estes materiais foram rapidamente integrados com a estrutura do curso tradicional, proporcionando condições adicionais para uma análise comparativa *on-line* durante a realização de experiências laboratoriais, permitindo um novo ponto de vista de análise dos resultados experimentais obtidos em laboratório, produzindo um impacto positivo sobre o aprendizado dos estudantes.

Por outro lado, *Java* foi desenvolvida para criar softwares altamente seguros, o modelo de controle de memória é extremamente simples, onde objetos são criados através de novos operadores. Não existem explicitações de apontadores de tipos de dados definidos pelo programador, nem apontadores aritméticos, e, a coleta do "lixo" (arquivos temporários gerados pela linguagem) é realizada automaticamente. Este modelo simples de controle de memória elimina inteiramente um conjunto de erros de programação que geralmente ocorrem com os programadores de C++. As próprias características da linguagem guiam os programadores em direção aos hábitos seguros de programação.

Além disso, programas em *Java* tipicamente ocupam menos *bytes* de memória que os escritos em C++, sendo este um recurso importante em sistemas inseridos que usualmente possuem um espaço de memória limitado.

Neste trabalho, basicamente foram desenvolvidas duas categorias de *Java applets*. A primeira categoria é referente à construção de ábacos, responsáveis pela resolução de problemas matemáticos para a determinação

do ângulo de extinção da corrente em estruturas retificadoras (β), dos valores de correntes médias e eficazes normalizadas para determinadas estruturas, do ábaco de Puschlowski e da determinação do ângulo de condução e da tensão média na carga, considerando-se os efeitos das indutâncias de comutação. A segunda categoria é formada pelos aplicativos de simulação das estruturas retificadoras a diodos e a tiristores, monofásicas e trifásicas.

As *applets* pertencentes a categoria dos ábacos utilizam como informações de entrada as características da carga, em valores discretos (resistência (R), indutância (L), frequência da fonte senoidal de alimentação (f), etc...), ou ainda, utilizando o ângulo de carga (ϕ). Enquanto as da categoria de simulações utilizam apenas os valores discretos da carga e alguns parâmetros de configuração da topologia em questão, como: valor eficaz da fonte de tensão senoidal de alimentação (V_O), ângulo de disparo dos interruptores (α), etc...

Atualmente as *applets* disponíveis para as simulações e ábacos incluem:

A. Retificadores Não Controlados (Circuitos Idealizados)

- Monofásicos : de meia onda, de meia onda com diodo de roda livre, de onda completa com ponto médio e de onda completa em ponte;
- Trifásicos : com ponto médio e em ponte.

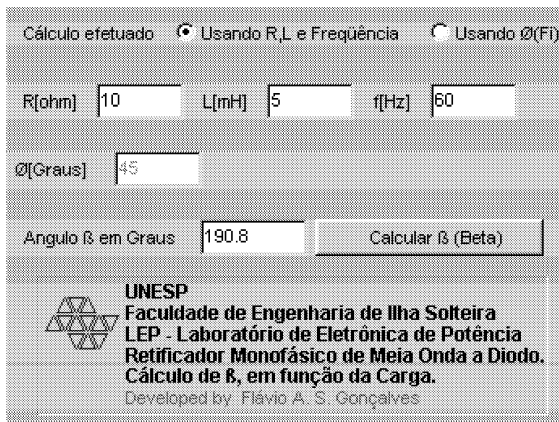
B. Retificadores Controlados (Circuitos Idealizados)

- Monofásicos : de meia onda, de onda completa com ponto médio e de onda completa em ponte;
- Trifásicos : com ponto médio e em ponte completa.

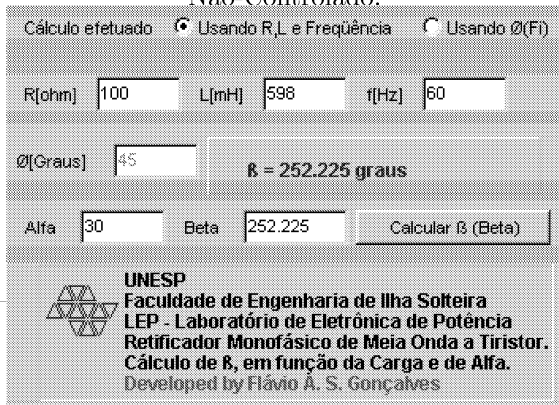
Informa-se que com exceção da *applet* desenvolvida para o retificador monofásico de meia onda com diodo de roda livre não controlado, todas as demais *applets* interativas de simulação apresentam a possibilidade de escolha do tipo de carga pelo usuário, podendo ser: puramente resistiva (R) ou com característica resistiva-indutiva (R-L).

C. Ábacos (Circuitos Idealizados)

- Determinação do ângulo de extinção da corrente (β) para retificadores monofásicos de meia onda, controlados e não controlados (cargas: R e R-L);
- Cálculo das correntes normalizadas na carga para reti-



(a) Retificador Monofásico de Meia Onda Não-Controlado.



(b) Retificador Monofásico de Meia Onda Controlado.

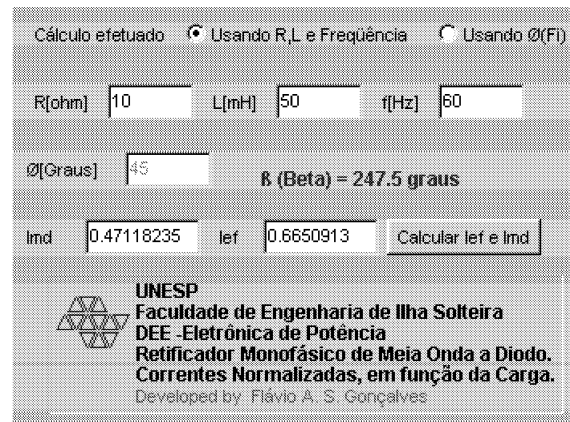
Figura 1: Ábacos de Determinação do Ângulo β .

ficadores monofásicos de meia onda, controlados e não-controlados (cargas: R e R-L);

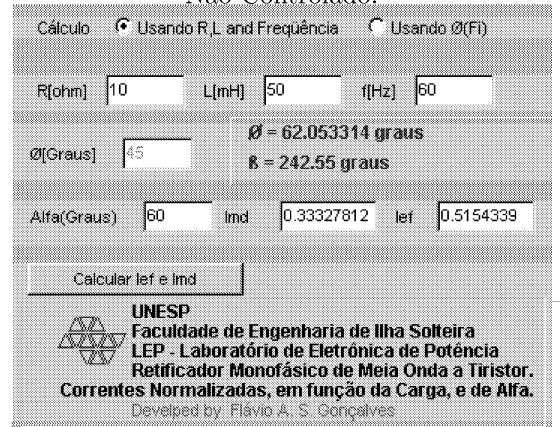
- Ábaco de Puschlowski - Determinação do ângulo de extinção da corrente (β), para retificadores monofásicos e trifásicos não controlados e controlados, cargas do tipo R-L-E;

- Determinação da tensão média na carga e do ângulo de comutação, considerando-se os efeitos das indutâncias de comutação em retificadores monofásicos e trifásicos, controlados e não-controlados.

Trabalhos futuros planejam a inclusão de parâmetros não idealizados do circuito nas *applets* interativas de simulação, como exemplo: análise das indutâncias de comutação e a influência dos parâmetros circuitais durante as comutações.



(a) Retificador Monofásico de Meia Onda Não-Controlado.



(b) Retificador Monofásico de Meia Onda Controlado.

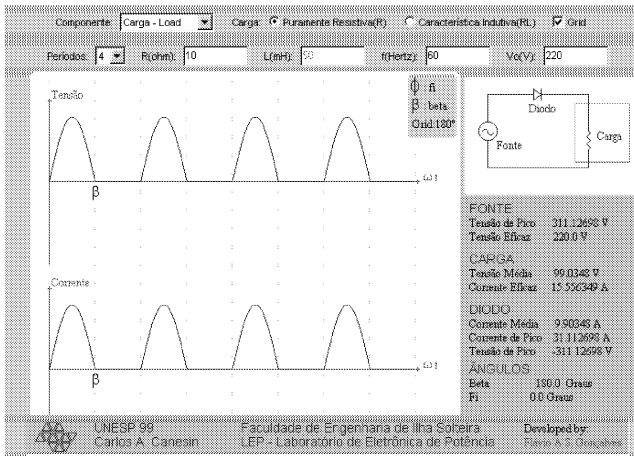
Figura 2: Ábacos de Determinação das Correntes Normalizadas.

4 JAVA APPLETS DESENVOLVIDAS

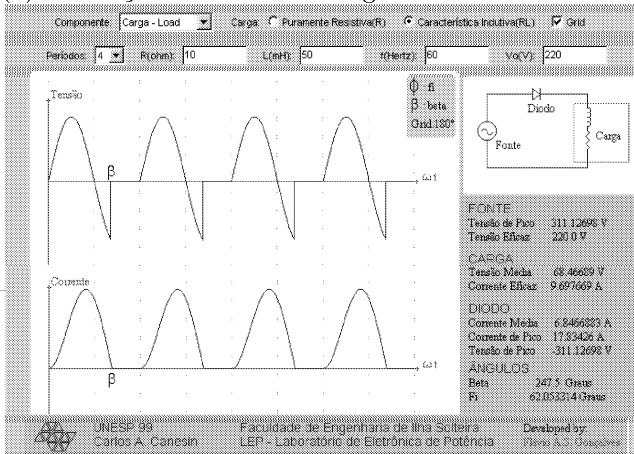
A figura 1 ilustra as *Java applets* desenvolvidas para a determinação do ângulo β , onde as correntes através do diodo ou tiristor tornam-se nulas. A figura 2 ilustra as *Java applets* propostas para o cálculo das correntes normalizadas médias e eficazes, para retificadores monofásicos de meia onda, não-controlados e controlados. Deve ser informado que estas *Java applets* são muito importantes para alguns projetos e resolução de exercícios propostos.

A figura 3 ilustra a *Java applet* interativa para a simulação do retificador monofásico de meia onda não controlado, onde as figuras 3.a e 3.b ilustram as principais formas de onda para carga puramente resistiva e para carga resistiva-indutiva, respectivamente.

A *Java applet* interativa para simulação do retificador



(a) Simulação do Circuito: Carga Puramente Resistiva.



(b) Simulação do Circuito: Carga Resistiva-Indutiva.

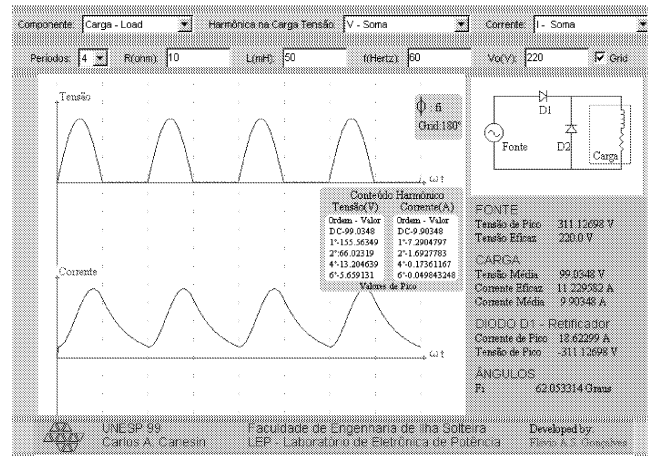
Figura 3: Retificador Monofásico de Meia Onda Não-Controlado.

monofásico de meia onda com diodo de roda livre não-controlado é ilustrada nas figuras 4 e 5.

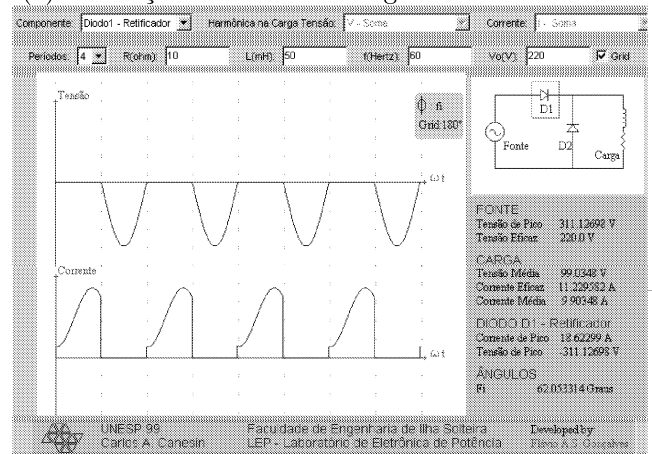
Verifica-se na figura 4, que as principais variáveis de circuito são calculadas *on-line*, assim como, todos os parâmetros do circuito podem ser modificados e especificados facilmente pelo usuário.

Observa-se ainda na *Java applet* da figura 5, as formas de onda das principais componentes harmônicas da corrente e da tensão sobre a carga, assim como seus valores de pico.

Além disso, todas as *Java applets* desenvolvidas apresentam uma área contendo os resultados matemáticos obtidos na simulação, em função dos parâmetros escolhidos pelo usuário, ou seja, as intensidades dos valores médios, eficazes e de pico das formas de onda de corrente



(a) Simulação do Circuito: Carga - Formas de Onda.



(b) Simulação do Circuito: Diodo D1 – Formas de Onda.

Figura 4: Retificador Monofásico de Meia Onda Não-Controlado com Diodo de Roda Livre.

e tensão sobre os componentes.

Informa-se que todos os resultados calculados, para todas as *Java applets* desenvolvidas, foram confrontados com simulações executadas com o Pspice®, considerando-se o regime permanente, não havendo em nenhum caso diferenças significativas em valores absolutos ou percentuais.

Pode-se verificar na figura 4.a, além da análise do conteúdo harmônico da corrente e da tensão na carga, as formas de onda de tensão e corrente através da carga. Complementarmente, a figura 4.b ilustra a tensão e a corrente através do diodo D1.

As figuras 6 e 7 ilustram exemplos para a *Java applet* desenvolvida para a simulação do retificador monofásico

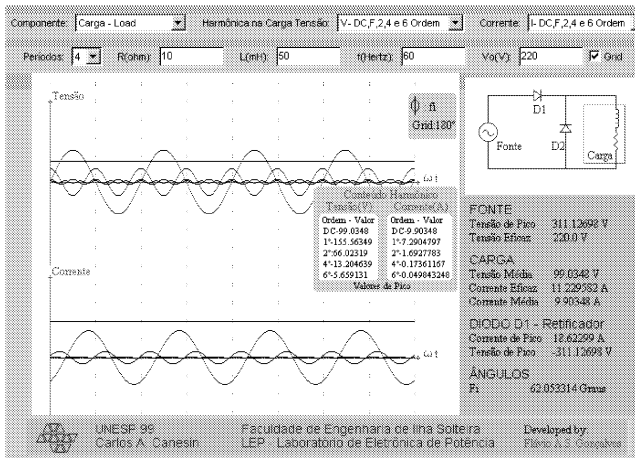


Figura 5: Retificador Monofásico de Meia Onda Não-Controlado com Diodo de Roda Livre, Formas de Onda do Conteúdo Harmônico na Carga.

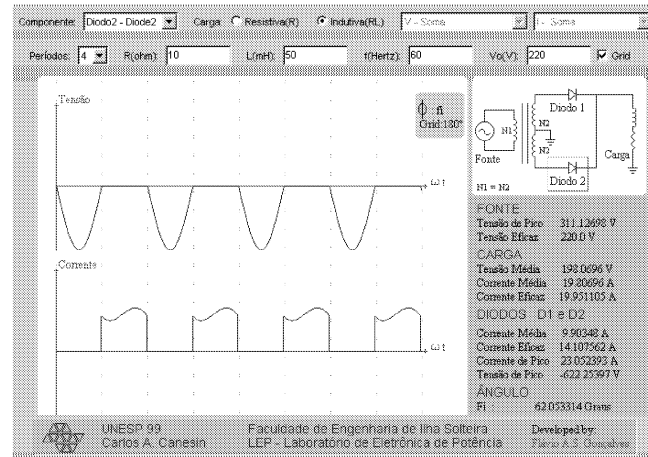


Figura 7: Retificador Monofásico de Onda Completa com Ponto Médio Não-Controlado, Simulação do Circuito: Diodo 2 - Formas de Onda.

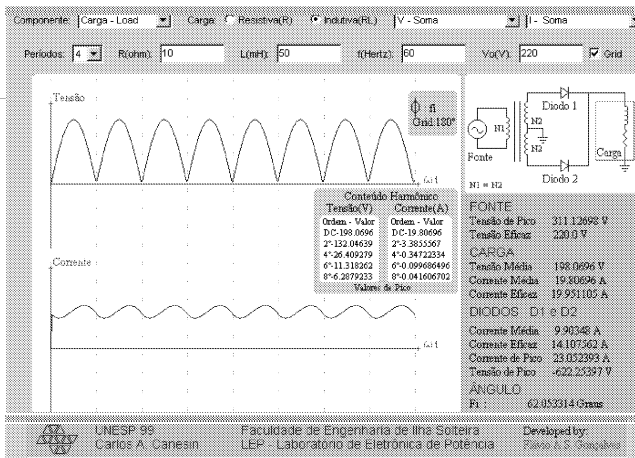
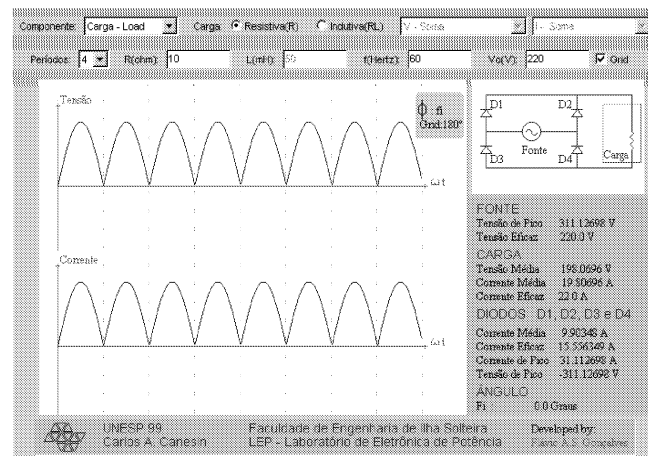


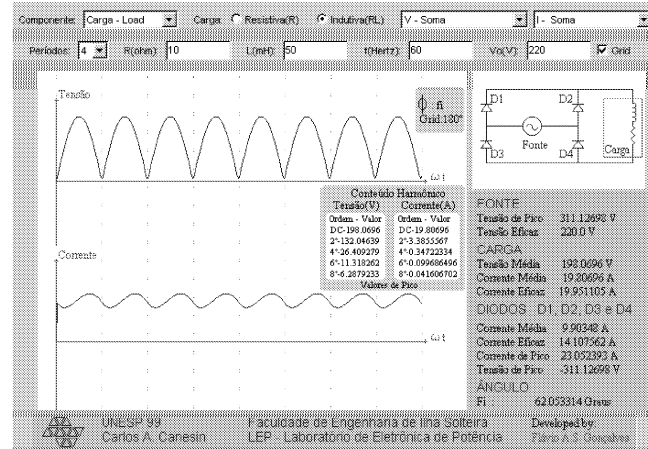
Figura 6: Retificador Monofásico de Onda Completa com Ponto Médio Não-Controlado, Simulação do Circuito: Carga - Formas de Onda.

de onda completa não-controlado com ponto médio. Assim como, na figura 8 apresentam-se exemplos de simulação para o retificador monofásico de onda completa em ponte, através da *Java applet* desenvolvida para análise do mesmo.

Utilizando estas *applets*, o usuário pode verificar as principais formas de onda e valores de algumas variáveis do circuito. Portanto, permitindo modificações interativas em todos os parâmetros do circuito, estas *applets* tornam-se importantes ferramentas para projetos e diversas atividades propostas aos estudantes.



(a) Simulação do Circuito: Carga Puramente Resistiva.



(b) Simulação do Circuito: Carga Resistiva-Indutiva.

Figura 8: Retificador Monofásico de Onda Completa em Ponte Não-Controlado.

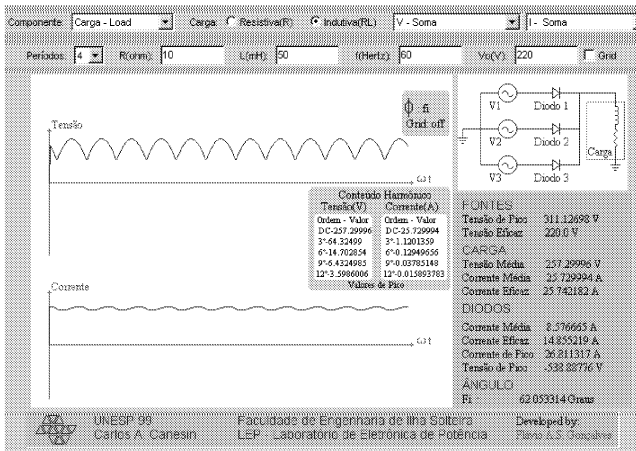
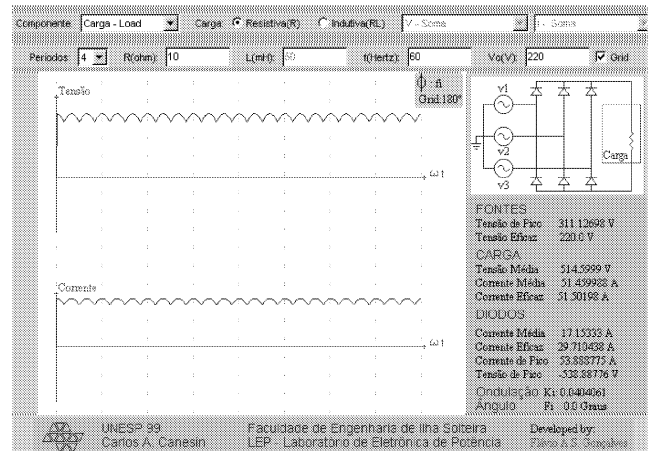


Figura 9: Retificador Trifásico com Ponto Médio Não-Controlado, Simulação do Circuito: Carga - Formas de Onda.



(a) Simulação do Circuito: Carga - Formas de Onda.

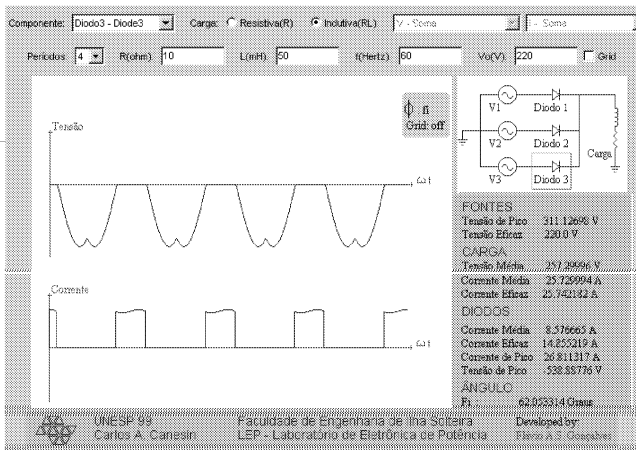
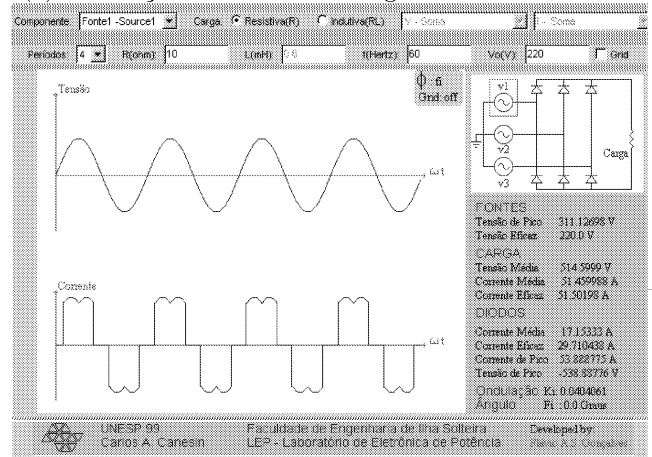


Figura 10: Retificador Trifásico com Ponto Médio Não-Controlado, Simulação do Circuito: Diodo 3 - Formas de Onda.



(b) Simulação do Circuito: Fonte v1 – Formas de Onda.

Figura 11: Retificador Trifásico em Ponte Não-Controlado, Carga Puramente Resistiva.

As *Java applets* desenvolvidas para os retificadores trifásicos não-controlados, com ponto médio e em ponte, são ilustradas nas figuras de 9 até 12.

Informa-se que as análises dos conteúdos harmônicos para a corrente e para a tensão sobre a carga, foram incluídas em diversas *applets* e podem ser selecionadas pelo usuário, em qualquer uma destas *applets*, sempre que o tipo de carga estipulado for resistiva-indutiva.

A figura 12 ilustra as formas de onda da tensão e corrente através da carga, para carga R-L, apresentando ainda as análises harmônicas destas variáveis em termos de seus valores de pico, para o retificador trifásico não-controlado em ponte.

Observa-se que todas as *applets* interativas apresentam avisos informando parâmetros incorretos especificados pelo usuário, por exemplo: valores inconsistentes tais como resistências negativas, etc...

A *Java applet* referente à simulação interativa do retificador monofásico de meia onda controlado, para uma carga do tipo resistiva-indutiva é ilustrada na figura 13, onde se observam as intensidades das principais variáveis do circuito.

As *applets* interativas referentes às simulações das estruturas retificadoras monofásicas de onda completa controladas, com ponto médio e em ponte, são apresentadas nas figuras 14 até 16. Observa-se nestas *applets* que o modo de condução da corrente através da carga, contínua ou descontínua, é informado ao usuário.

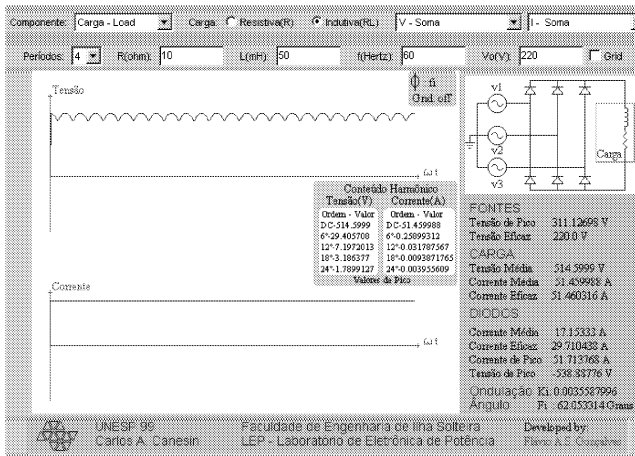


Figura 12: Retificador Trifásico em Ponte Não-Controlado. Simulação do Circuito / Formas de Onda na carga e Conteúdo Harmônico.

O conjunto de *applets* desenvolvidas para efetuar as simulações das estruturas retificadoras trifásicas controladas, com ponto médio e em ponte completa, são apresentadas nas figuras 17 até 20.

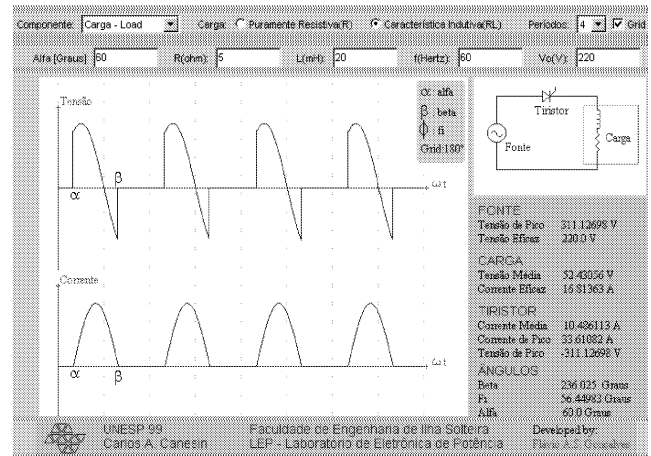
Informa-se que as *applets* desenvolvidas para os retificadores trifásicos controlados apresentam as opções da realização das análises de Fourier, do modo de operação da estrutura e do modo de condução da corrente na carga, independentemente do componente escolhido pelo usuário. As análises de Fourier disponíveis abrangem a corrente de entrada em uma das fontes de alimentação, a corrente e a tensão sobre a carga.

Além disso, o cálculo do fator de potência (FP) e da taxa de distorção harmônica (T.D.H.) da corrente de entrada, podem ser efetuadas através destas *applets*.

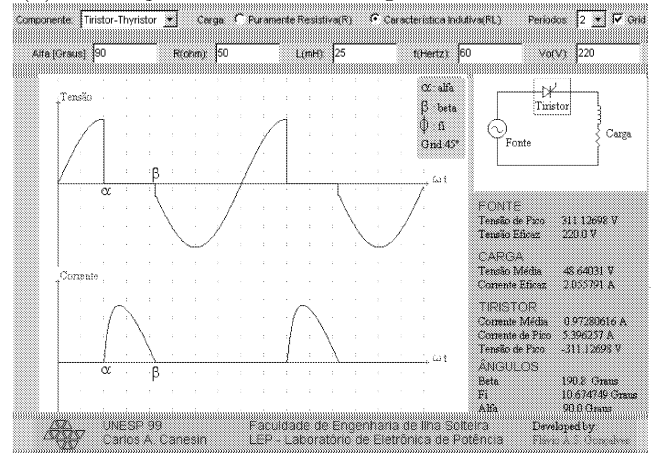
A figura 18 ilustra o aplicativo referente ao retificador trifásico controlado com ponto médio apresentando os resultados referentes à Análise de Fourier da forma de onda da tensão sobre a carga, na forma de tabela, contendo a ordem das componentes, suas amplitudes em valores de pico e suas fases.

Os resultados referentes à Análise de Fourier da corrente de entrada da fonte de alimentação, o cálculo da taxa de distorção harmônica (T.D.H.) e do fator de potência, obtidos na *applet* referente ao retificador trifásico controlado em ponte completa são ilustrados na figura 20.

Verifica-se na figura 21 a *Java applet* proposta para a determinação do ângulo β , para retificadores de 1, 2, 3, e 6 pulsos não controlados e controlados. Esta *applet* foi



(a) Simulação do Circuito: Carga – Formas de Onda.



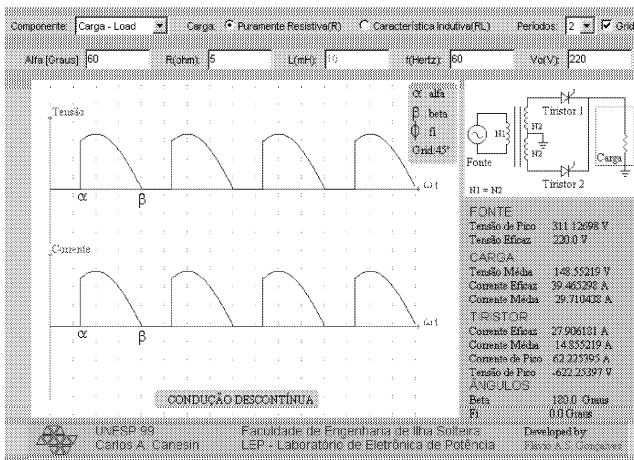
(b) Simulação do Circuito: Tiristor – Formas de Onda.

Figura 13: Retificador Monofásico de Meia Onda Controlado.

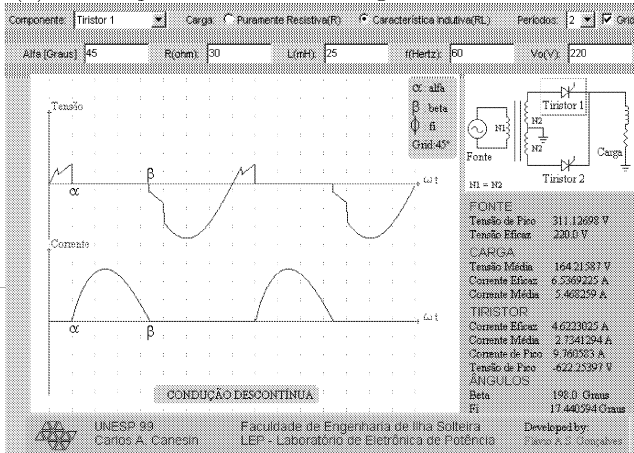
desenvolvida para a resolução do denominado ábaco de Puschlowski, incluindo as cargas R, R-L e R-L-E. Esta *applet* é muito importante para a análise dos circuitos retificadores, bem como para projetos e trabalhos propostos aos estudantes.

A figura 22 ilustra a *Java applet* desenvolvida para a resolução do ábaco de Puschlowski, com mensagens de erros para informações de entradas incorretas. Deve ser informado que em todas as *applets* propostas alguns avisos de erros são apresentados, para facilitar a utilização das mesmas pelos estudantes.

Como primeira etapa de trabalhos futuros foi implementada uma *applet*, ilustrada na figura 23, que é responsável pela determinação da queda de tensão média e do ângulo de comutação, considerando-se os efeitos das indutâncias série (indutâncias de comutação) e demais



(a) Simulação do Circuito: Carga – Formas de Onda.



(b) Simulação do Circuito: Tiristor 1 – Formas de Onda.

Figura 14: Retificador Monofásico de Onda Completa com Ponto Médio Controlado, Simulação do Circuito.

parâmetros do circuito, na comutação de estruturas retificadoras controladas e não-controladas.

5 CONCLUSÕES

Este artigo apresentou um conjunto de *Java applets* para um sistema de auxílio ao ensino do curso de Eletrônica de Potência, baseado na WWW. Deve-se salientar que estas ferramentas não foram desenvolvidas para substituir o professor, mas sim para melhorar a qualidade do aprendizado do estudante.

A utilização da informática tem proporcionado novas perspectivas para o ensino, não somente através da tecnologia por si mesma, mas também sobre a filosofia, as estratégias de ensino e de aprendizado, permitindo mu-

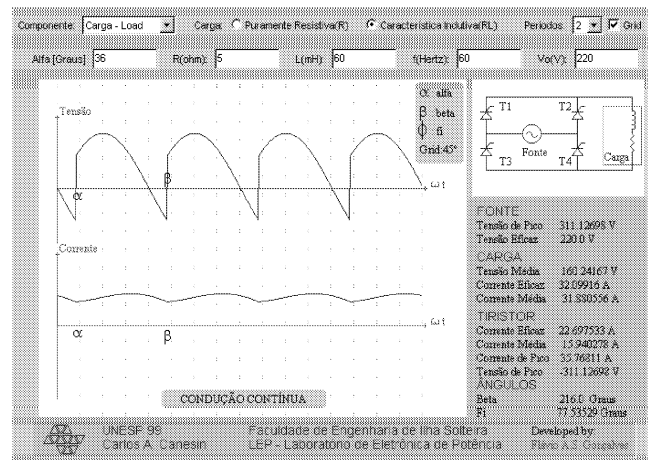


Figura 15: Retificador Monofásico de Onda Completa em Ponte Controlado, Simulação do Circuito: Carga – Formas de Onda.

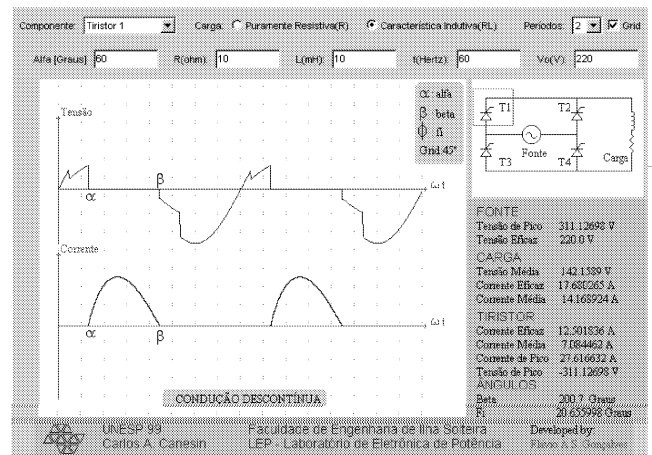


Figura 16: Retificador Monofásico de Onda Completa em Ponte Controlado, Simulação do Circuito : Tiristor T1 - Formas de Onda.

danças significativas em muitos aspectos do ensino superior.

Neste contexto, foi observado um importante crescimento no desejo dos estudantes em aprender o conteúdo do curso de Eletrônica de Potência, quando as ferramentas *Java applets* propostas foram inseridas, resultando em uma importante melhoria no aprendizado, devido ao aumento da motivação dos estudantes e ao aumento das suas habilidades em compreender o comportamento de muitos circuitos retificadores.

Além disso, com a utilização destas ferramentas através da conexão à Internet, durante a execução de experiências laboratoriais tradicionais, possibilitou-se uma nova

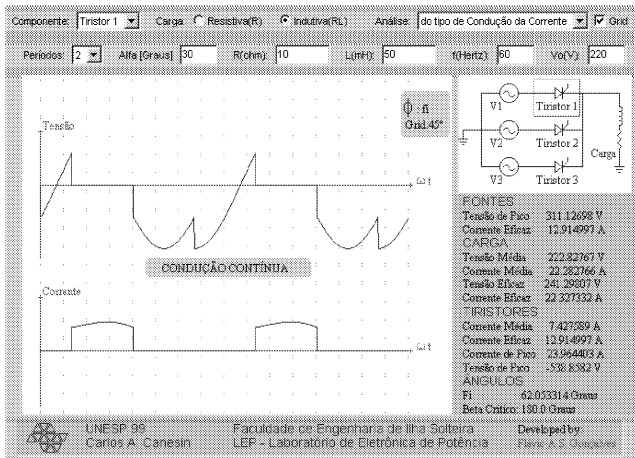


Figura 17: Retificador Trifásico com Ponto Médio Controlado, Tiristor 1 – Formas de Onda e Análise do Modo de Condução da Corrente através da Carga.

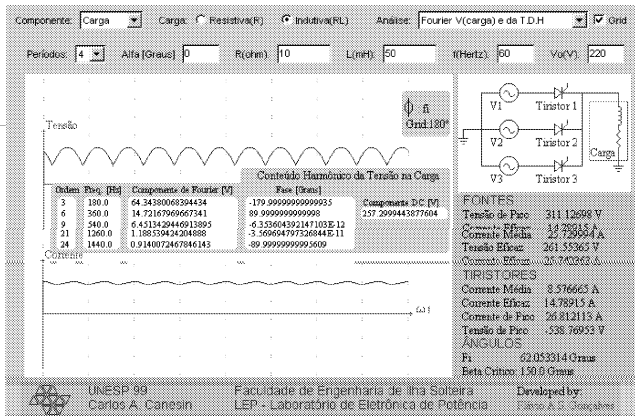
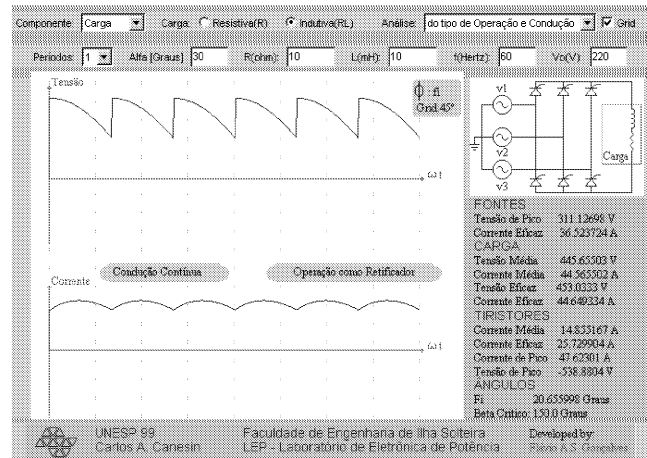


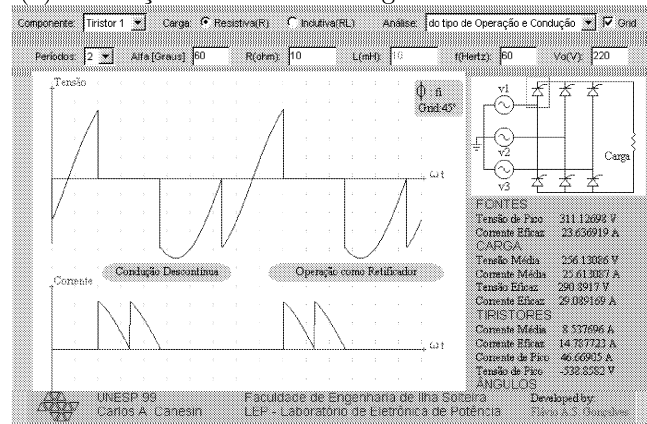
Figura 18: Retificador Trifásico com Ponto Médio Controlado, Carga – Formas de Onda e Análise de Fourier da Forma de Onda de Tensão.

plataforma de comparação *on-line* entre estas experiências e os conceitos teóricos desenvolvidos em sala de aula, permitindo um novo sistema de aprendizado interativo e mais atrativo.

Conseqüentemente, devido a significativa melhoria na produtividade do professor e na eficiência de aprendizado dos alunos, a estrutura do curso tornou-se mais fluida e efetiva. Neste contexto, propõe-se que outros sistemas de auxílio ao ensino sejam desenvolvidos, criando novos ambientes de ensino e aprendizado, beneficiando e melhorando a qualidade da educação em diferentes áreas do ensino de engenharia.



(a) Simulação do Circuito: Carga – Formas de Onda.



(b) Simulação do Circuito: Tiristor 1 – Formas de Onda.

Figura 19: Retificador Trifásico em Ponte Completa Controlado, Análise do Modo de Condução e Operação.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FEIS-UNESP pelo suporte concedido para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Al-Holou, N. e Ibrahim, F. (1998). Developing multimedia case studies for engineering curriculum, *IEEE Transactions on Education*, Vol. 41, n° 4, pp. 355.

Bengu, G. e Swart, W. (1996). A Computer-Aided, Total Quality Approach to Manufacturing Education in Engineering, *IEEE Transactions on Education*, Vol. 39, n.03, pp.415-422.

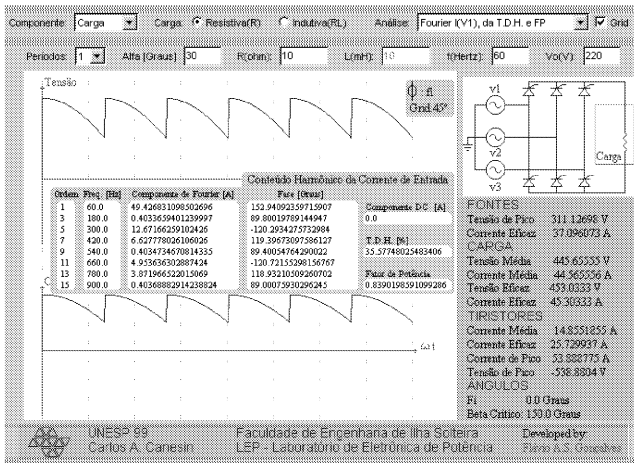


Figura 20: Retificador Trifásico em Ponte Completa Controlado, Análise de Fourier da Corrente de Entrada da Fonte v1, Cálculo da T.D.H. e do Fator de Potência.

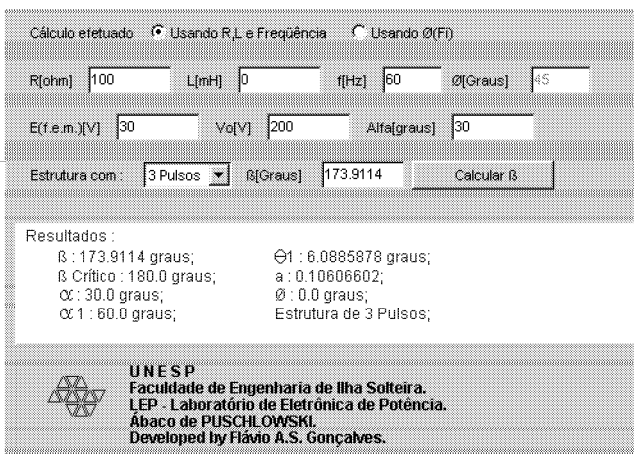


Figura 21: Ábaco de Puschlowski : Exemplo do Retificador com 3 Pulsos Controlado.

Chirico M., Giudici F., Sappia A. e Scapolla A. M. (1997). The real experiment execution approach to networking courseware, *IEEE Transactions on Education*, Vol. 40, n° 4, pp. 297.

Debebe, K. e Rajagopalan, V. (1995). A Learning Aid for Power electronics with Knowledge Based Components, *IEEE Transactions on Education*, Vol. 38, n.2, pp.171-176.

Gonçalves, F. A. S. e Canesin, C. A. (2001a). Java Applets For a WWW-HTML-Based Course in Power Electronics, *Proceedings of the 32nd IEEE Power Electronics Specialists Conference*, Vancouver, Canada, Vol. Vol. I, pp. 85-90.

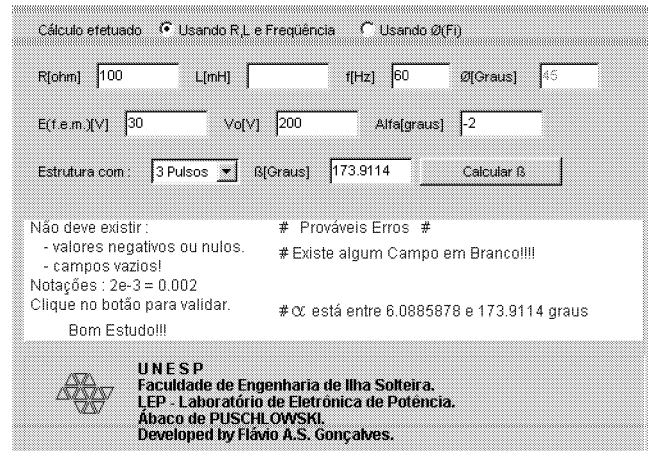


Figura 22: Ábaco de Puschlowski: Avisos – Dados Incorretos.

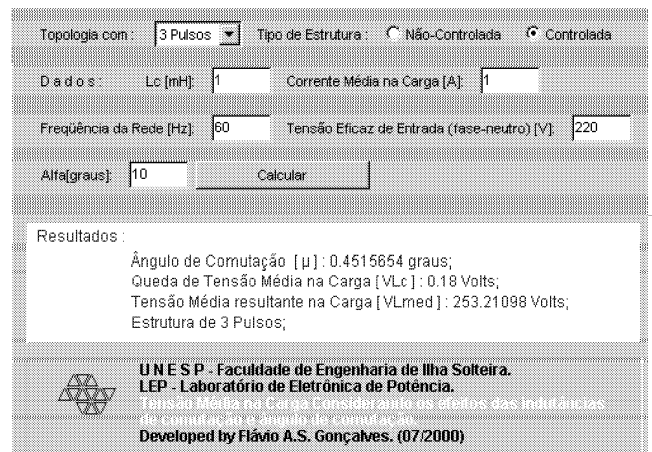


Figura 23: Ábaco para a Determinação da Tensão Média na Carga, Considerando os Efeitos das Indutâncias de Comutação.

Gonçalves, F. A. S. e Canesin, C. A., (2001b). Java Applets For an Open and Distributed Courseware in Power Electronics, *Proceedings of the 6th Brazilian Power Electronics Conference*, Florianópolis, SC, Brasil, CD-Rom Folder.

Gosling, J. e McGilton, H. (1996). The JavaTM Language Environment – A White Paper, Sun microsystems, <http://java.sun.com>.

Hart, D. W. (1993). Circuit Simulation as an Aid in Teaching the Principles of Power Electronics, *IEEE Transactions on Education*, Vol. 36, n.1, pp.10-16.

Huelsman, L. P. (1986). An Advanced Modern Course on Circuit Theory”, *IEEE Transactions on Education*, Vol. 29, n.03, pp.166-172.

- Hwang, G. (1999). A Tutoring Strategy Supporting System for Distance Learning on Computer Networks, *IEEE Transactions on Education*, Vol. 42, n.4, CD-Rom Folder.
- Kramer, D. (1996). The JavaTMPlataform – A White Paper, Sun microsystems, <http://java.sun.com>.
- Latchman, H. A.; Salzmann, C.; Gillet, D. e Bouzekri, H. (1999). Information Technology Enhanced Learning in Distance and Conventional Education, *IEEE Transactions on Education*, Vol. 42, n.4, pp.247-254.
- Pekarek, S. e Skvarenina, T. (1998). ACSL/Graphic modeler component models for electric power, *IEEE Transactions on Education*, Vol. 41, n° 4, CD-ROM Folder 15.
- Raymond, J. e Pilon, D. (1994). Software Tools for Computer-Aided Lecturing, *IEEE Transactions on Education*, Vol. 37, n.1, pp.23-29.
- Renshaw, A. A.; Reinbel, J. H.; Zukowski, C. A.; Penn, K; McClintock, R. O. e Friedman, M. B. (2000). An Assessment of On-Line Engineering Design Problem Presentation strategies, *IEEE Transactions on Education*, Vol. 43, n.2, pp.83-91.
- Weaver, A. C (1999). Monitoring and control using the Internet and JAVA, *IEEE Industrial Electronics Society Newsletter*, Vol. 46, n° 1, pp. 12-13.
- Wie C. R. (1998). Educational JAVA Applets in Solid-State material, *IEEE Transactions on Education*, Vol. 41, n° 4, pp. 354, and CD-ROM Folder 14.