

## **EDUCAÇÃO EM ELETRÔNICA DE POTÊNCIA: A PROBLEMÁTICA ENTRE TEORIA E PRÁTICA E A CARÊNCIA DE RECURSOS LABORATORIAIS**

**Patrícia César Ferreira Machado** – patriciacfmachado@gmail.com

**Marlon José do Carmo** – marloncarmo@ieee.org

**Ângelo Rocha Oliveira** – a.oliveira@ieee.org

**Arilson Lima de Faria** - alima@fieng.com.br

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Campus III – Leopoldina.

Rua José Peres, 558 – Centro.

36700000 – Leopoldina – Minas gerais

***Resumo:** Este artigo apresenta o hiato existente na relação teoria- prática e a necessidade de um ensino laboratorial em Eletrônica de Potência, adequado para uma educação sólida que integre ciência e prática. Apesar da importância da Eletrônica de Potência e o número crescente de aplicações comerciais, existe uma carência de recursos práticos e de baixo custo que auxiliem o ensino de Eletrônica de Potência. A limitação desses recursos laboratoriais induziu as universidades a elaborarem seus próprios laboratórios, a fim de contribuir para a melhoria da qualidade de ensino em Eletrônica de Potência. O diagnóstico dos laboratórios de Eletrônica de Potência no Brasil reforça a busca por soluções didáticas que combinam experimentos práticos e instrumentos educacionais. A relevância dessa disciplina é demonstrada na importância acadêmica e de mercado, ressaltando a necessidade de um ensino que reúna todos os sentidos no processo de aprendizagem.*

***Palavras-chave:** Educação em eletrônica de potência, Ensino laboratorial, Diagnóstico em Educação.*

### **1 INTRODUÇÃO**

O ensino de engenharia deve ser fomentado de forma a fornecer uma base sólida aos estudantes, que ao emergirem no mercado de trabalho tenham conhecimentos práticos suficientes para solução de desafios. Ao se destacar os aspectos da educação em Eletrônica de Potência verificam-se certa necessidade de uma ampla abordagem laboratorial para seu processo de aprendizagem. No entanto, o desenvolvimento de aplicações em Eletrônica de Potência é uma tarefa complexa, em virtude da sua natureza experimental e multidisciplinar (FERREIRA et al, 2005).

Para a elaboração de projetos na área de engenharia, foram determinados pontos dirigidos especificados conforme a seguir (RHEM, 1998):

- Manter sólida participação de atividades de Laboratório na formação dos alunos;
- Ensinar os fundamentos de Ciência e Matemática;
- Encorajar os estudantes a aprenderem a se comunicar com seus pares;
- Estabelecer que a criação de riqueza, através de projetos onde se considere o balanço financeiro do custo e do lucro, é um empreendimento nobre;
- Enfatizar a ética profissional;
- Instigar o amor pelo aprendizado em Engenharia;

- Considerar as necessidades futuras da mesma maneira que se consideram as presentes;
- Reconhecer a importância dos estágios profissionais;
- Encorajar a exposição a conhecimentos multidisciplinares;
- Valorizar e reconhecer o papel dos bons professores e orientadores.

Nota-se a relevância dada ao ensino laboratorial das disciplinas de engenharia, revelando assim, que o aluno deve ter uma visão integrada do conhecimento, permitindo ao mesmo a aplicação dos conceitos de eletrônica de potência de forma sistemática.

Para se obter a capacidade de solucionar problemas através de projetos que utilizem ferramentas e dispositivos, é necessário uma prática de ensino fundamentada nos seguintes princípios (DONOSO et al, 2008):

- Atividades de laboratório como elementos-chave na sedimentação e validação de conhecimentos adquiridos;
- Concepção de soluções de Engenharia a partir, apenas, de descrições de situações-problema e requisitos mínimos a ser atendidos, deixando espaço para o estímulo a criatividade;
- Trabalho em equipe como forma de aprimoramento das competências de interação social e das habilidades de gerenciamento de recursos humanos;
- Implementação da atividade prática, segundo um cronograma rígido e metas pré-estabelecidas, simulando ambiente profissional real;
- Valorização dos projetos executados com menor custo, e em menor tempo;
- Presença constante de um professor orientador para bem guiar as equipes de trabalho, através de seus esforços de resolução do problema, mostrando-lhes caminhos alternativos, sugerindo inter-relações entre conteúdos diferentes, dirimindo questões conflitantes de projeto que porventura tenham paralisado as atividades.

Verifica-se que a relação entre teoria e prática deve manter uma circunspeção adequada, de forma a garantir que as práticas laboratoriais ultrapassem os limites de atividades complementares e passem a integrar um processo de aprendizagem bem mais abrangente, imprescindível à educação em Eletrônica de Potência.

É fato conhecido que, quanto maior o número de sentidos envolvidos num estudo, maiores são a fixação, a apreensão e a capacidade de percepção dos alunos (GOMES et al, 2006). Quando se tem um ensino em que o conceito pode ser analisado de diversas maneiras, através da visão, audição e contato, torna-se mais sólida a ligação entre conhecimento e aplicação, completando um elo importante do processo de aprendizagem. Assim, é notável a importância do laboratório de Eletrônica de Potência no ensino de engenharia.

A proposta do presente trabalho é apresentar a situação de recursos laboratoriais de Eletrônica de Potência no Brasil e confirmar a necessidade de um compromisso para a prática laboratorial, reforçando sua magnitude no aprendizado em engenharia.

Este trabalho está distribuído da seguinte forma: apresenta-se na seção dois, o diagnóstico dos laboratórios de Eletrônica de Potência no Brasil, embasado nas ementas dos cursos de engenharia; em seguida define-se a importância acadêmica e de mercado da prática laboratorial dessa disciplina; a seção quatro conclui este trabalho.

## **2 DIAGNÓSTICO DOS LABORATÓRIOS DE ELETRÔNICA DE POTÊNCIA NO BRASIL**

O surgimento da Eletrônica de Potência revelou uma opção vantajosa para o processamento de energia, em razão da pouca necessidade de manutenção das chaves semicondutoras e baixa perda de energia no chaveamento. A partir de então, houve um crescimento acentuado no domínio de aplicações em eletrônica de potência.

A princípio, a Eletrônica de Potência foi considerada uma disciplina muito específica, porém, tornou-se essencial na educação em engenharia, principalmente na formação de engenheiros eletricitas. No entanto, o ensino da Eletrônica de Potência em nível de graduação não é muito desenvolvido no País. Este fato pode ser atribuído principalmente a dois fatores, segundo (ROLIM, 1993), a saber:

- A carência de docentes especializados, devido ao caráter multidisciplinar da Eletrônica de Potência. Um verdadeiro especialista nesta área deve ter alguma experiência em matérias tradicionalmente dissociadas, como processamento de sinais, sistemas de potência, eletrônica digital, máquinas elétricas, computação e sistemas de controle (BOSE, 1992);

- Falta de recursos laboratoriais para completar o ensino teórico. A eletrônica de potência necessita de muita experimentação, o que requer variadas opções de equipamentos e softwares, para montagem e simulação em laboratório. Existem poucas alternativas no mercado.

Nas universidades em que existem pesquisa e ensino de pós-graduação em Eletrônica de Potência, o primeiro fato não é válido. Nota-se tal confirmação na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Os laboratórios de Eletrônica de Potência da UFRJ são um dos melhores do país e contam com um excelente corpo docente, composto de renomados professores e pesquisadores (CABRAL, 2008).

O fato que realmente ceifa o desenvolvimento da Eletrônica de Potência no país é a carência de recursos laboratoriais. Geralmente, essas ferramentas são muito caras e existem poucos fabricantes. As características didáticas dos equipamentos encontrados também não são adequadas para um ensino que requer muita experimentação e conhecimento em princípios de funcionamento.

Logo, surge a ideia do aprendizado voltado para o uso de softwares de simulação. Trabalhos nessa área são realizados através da análise dos modelos educacionais, como o realizado por (PINTO, 2001) que propôs um modelo que traça a evolução do paradigma educacional com a utilização de computadores na educação. É evidente que o uso de computadores, como auxiliares no processo de aprendizagem, é de relevante importância. Com certeza, os modernos programas de simulação de circuitos constituem uma ferramenta importantíssima para o estudo da Eletrônica de Potência, contudo, estas ferramentas não substituem o contato físico com o mundo real (REIS, 1999).

Para suprir a necessidade de um ensino laboratorial, que remeta ao aluno uma aprendizagem sólida, interligando teoria e prática, as universidades começaram a produzir suas próprias ferramentas laboratoriais para o ensino da Eletrônica de Potência.

A Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, fundamentada na carência de recursos laboratoriais dessa disciplina, realiza projetos nessa área com o objetivo de criar kits didáticos de Eletrônica de Potência. Este trabalho está inserido no contexto de uma sólida proposta pedagógica para o ensino da Eletrônica de Potência, calcada no binômio teórico-prático, notadamente no campo dos retificadores controlados e não controlados (REIS, 1999).

A Universidade Federal do Rio de Janeiro vêm desenvolvendo seus recursos laboratoriais, com o mesmo objetivo, através de estudos realizados por (ROLIM, 1993) e (CABRAL, 2008), que apresentaram um laboratório modular de Eletrônica de Potência. Outras pesquisas ainda estão em andamento para aprimorarem os trabalhos já concluídos.

A Universidade Estadual de Campinas também realiza pesquisas em Eletrônica de Potência. Executa projeto que descreve uma plataforma de ensino, que foi desenvolvida na Unicamp e é atualmente utilizada como parte de uma disciplina de Laboratório de Eletrônica de Potência (POMILIO, 2008). Além do estudo efetuado por (VENDRUSCULO et al, 2008), que apresenta um aparato educacional para ensino prático de estratégias de controle aplicadas a Eletrônica de Potência.

A UFMG insere neste contexto uma proposta de trabalhos práticos, de forma a motivar o aluno a adquirir um conhecimento sólido de Eletrônica de Potência e mostrar como têm sido desenvolvidas as disciplinas de laboratório de Eletrônica de Potência e Eletrônica de Potência da instituição (DONOSO, 2008). A UFMG mantém projetos nessa área, com o propósito de enriquecer o ensino de Eletrônica de Potência.

Nota-se a preocupação das universidades em desenvolver seus recursos laboratoriais para expansão dos domínios da aprendizagem em Eletrônica de Potência.

Este trabalho tem por objetivo muito mais do que narrar o diagnóstico dos laboratórios de Eletrônica de Potência do Brasil, mas também o de propor um laboratório que permita ao aluno desenvolver conceitos substanciais adquiridos e ter contato com o ambiente prático.

Para pesquisas futuras o ideal é o desenvolvimento de um kit didático, como o existente no Sistema S, demonstrado na “Figura 1”.



Figura 1 – Kit didático do Sistema S para o ensino de Eletrônica de Potência.

Este laboratório permite ao aluno uma aprendizagem de conceitos importantes da Eletrônica de Potência como funcionamento de chaves semicondutoras e retificadores. Um equipamento como este pode ser desenvolvido para completar o ensino de Eletrônica de Potência e confere ao usuário uma inserção no ambiente experimental.

Como hoje grande parte do trabalho prático de um engenheiro é executado utilizando um microcomputador, esse kit é apresentado como uma alternativa de ensino que conduz o aluno à reflexão de aplicações dos conhecimentos adquiridos em Eletrônica de Potência.

### 3 PROPOSTA DE UM COMPROMISSO PARA PRÁTICA LABORATORIAL

Para efetuar uma abordagem ampla da Eletrônica de Potência, deve-se verificar sua importância, tanto na área acadêmica quanto comercial, demonstrando a interligação entre teoria e prática.

#### 3.1 Importância acadêmica

A combinação entre eletrônica, potência e controle dá origem à Eletrônica de Potência. A eletrônica discute os circuitos e dispositivos de estado sólido para o processamento de sinais, com o objetivo de alcançar o controle desejado. A potência trata da transmissão, geração e distribuição da energia elétrica, enquanto o controle cuida de características de regime permanente e dinâmicas de sistemas de malha fechada.

A Eletrônica de Potência pode ser definida como a aplicação da eletrônica de estado sólido para o controle e conversão da energia elétrica. O inter-relacionamento da Eletrônica de Potência com a energia, a eletrônica e o controle, é mostrado na “Figura 2” (RASHID, 1999).

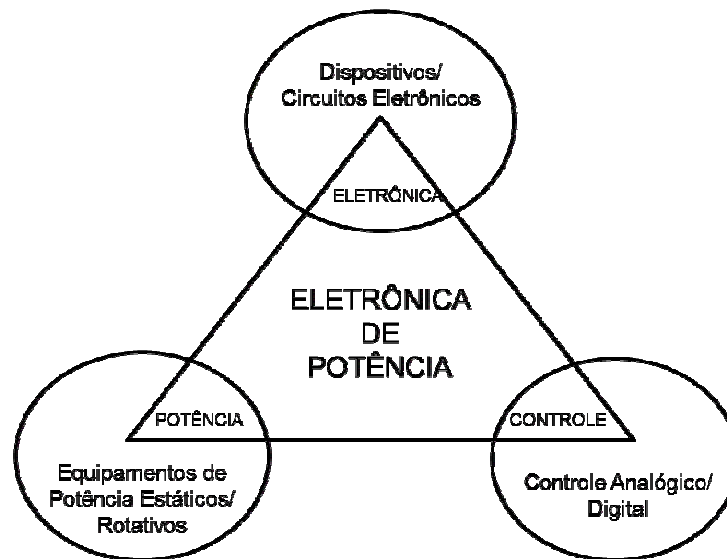


Figura 2 – Relação entre potência, eletrônica e energia com a Eletrônica de Potência.

Essa disciplina envolve três áreas de relevância no ensino de engenharia, demonstrando que o aluno deve ter conhecimento suficiente para uni-las e explorar todos os conceitos substanciais envolvidos. Seguindo essa diretriz, o laboratório de Eletrônica de Potência é uma alternativa didática capaz de introduzir elementos que envolvam todos os sentidos, garantindo melhoria essencial na qualidade da formação dos estudantes. Nesta postura, as ferramentas conceituais surgem como respostas às necessidades experimentadas pelos alunos, de forma prática (GOMES et al, 2006).

O laboratório de pesquisa precisa ser fomentado como atitude cotidiana, não apenas como atividade especial e de estrutura especial (SOUZA, 2000). Portanto, no desenvolvimento da competência humana, a questão fundamental é tornar o laboratório um ambiente didático habitual, tornando as práticas mais frequentes, aliando, assim, simplicidade e modernidade (CARMO et al, 2010).

### 3.2 Importância de mercado

Ao se aplicar um ensino voltado ao conjunto de abordagens didáticas relacionadas à prática laboratorial, tornam-se os alunos elementos ativos do processo de aprendizagem. Assim, todos os conceitos necessários para uma aplicação industrial podem ser experimentados, ou seja, estimação de parâmetros, escolha de leis de controle, projetos de compensadores, além da visualização dos respectivos resultados (VENDRUSCULO et al, 2008).

A Eletrônica de Potência está se inserindo, de forma consolidada, no setor industrial, como também em diversas outras áreas. Semicondutores como: diodos e transistores de potência, SCR's, DIAC's, TRIAC's e IGBT's, vêm substituindo, cada vez mais, os componentes eletromagnéticos de chaveamento que possuem desvantagens, devido a sua constituição física. Esses elementos são sensíveis à corrosão, oxidação e centelhamento. É factível o uso de semicondutores que possuem vida útil bem maior, funcionamento com velocidade de comutação elevada e com segurança em caso de centelhamento. É notável a aplicação de elementos semicondutores em variadas formas de controle de potência.

Algumas aplicações em que esses semicondutores de potência apresentam excelente desempenho são em grandes retificadores industriais, controladores de tensão, choppers, controle de velocidade de motores, inversores de frequência e cicloconversores.

A Eletrônica de Potência tem grande aplicação na área industrial, acarretando uma diminuição considerável da utilização de contatos eletromecânicos e apresentando vantagens relacionadas a seguir:

- Confiabilidade e capacidade dos dispositivos;
- Precisão no controle de alta potência;
- Segurança em relação a riscos de incêndio;
- Eficiência e conservação da energia;
- Velocidade de resposta elevada a comandos eletrônicos.

O mercado para a Eletrônica de Potência está em crescente desenvolvimento, consequência da exigência de confiabilidade e velocidade em suas aplicações. O uso de inversores de frequência e CLP's (Controladores Lógico programáveis) em processos industriais modernos exige o controle da etapa de potência com tecnologia sofisticada, necessitando de componentes como IGBT's, SCR's, TRIAC's, LASCR's, GTO's, SIT's e MCT's, que são confiáveis, velozes e precisos.

Os dispositivos eletromecânicos, como chaves magnéticas e relés, estão sendo substituídos por chaves eletrônicas que possuem um potencial de perdas reduzidas e eficiência de energia. Assim, garantem sua ampla utilização em processos industriais no acionamento de máquinas e controle de pressão.

A importância comercial da Eletrônica de Potência define que sua aprendizagem seja de forma a conduzir o estudante ao raciocínio de desenvolvimento de projetos, análise de resultados e busca de solução de desafios. Investiga-se, assim, o emprego de aplicações práticas que permitam desenvolver-lhe a capacidade de medição e análise de sistemas reais (MC SHANE et al, 2001).

Através da análise da importância acadêmica e de mercado da Eletrônica de Potência, verifica-se o relevante papel dessa disciplina no contexto de engenharia, tornando evidente que a relação existente entre teoria e prática deve ser entendida de forma equilibrada. A proposta é demonstrar que a educação em Eletrônica de Potência deve ser assumida através do conjunto teórico e experimental, buscando o acordo necessário para o desenvolvimento do ensino. Assim, a prática se transforma em um elemento ativo do processo de aprendizagem, reafirmando a necessidade de um compromisso para prática laboratorial.

Portanto, o projeto de um laboratório que permita desenvolver habilidades e competências tem que se levar em conta as necessidades acadêmicas, mas sobretudo as necessidades de mercado. Ainda, torna-se necessário que este laboratório seja concebível dentro das áreas abrangidas conforme “Figura 2”, ou seja, exerça o desenvolvimento de habilidades, tais com controle, técnicas de chaveamento, desenvolvimento de softwares para acompanhamento.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Apresentou-se, neste trabalho, a importância do ensino laboratorial em Eletrônica de Potência e a necessidade de dispositivos práticos para aprendizagem dessa disciplina. Muitas universidades do país investem em pesquisas voltadas para essa área, que poderiam contribuir com o desenvolvimento de ferramentas laboratoriais de baixo custo para o ensino de Eletrônica de Potência. Para o desenvolvimento desse trabalho, foi realizado um diagnóstico do que tem sido proposto nas principais universidades que exploram o tema. Com tal diagnóstico é possível propor um laboratório de Eletrônica de Potência que possibilite ao aluno um conhecimento de forma abrangente dos conceitos teóricos, a fim de estabelecer a experimentação como forma de alcançarem a real característica da engenharia: descobrir soluções e proporcionar descobertas factíveis para outros problemas em engenharia.

#### *Agradecimentos*

Os autores agradecem ao MEC/SESu, FNDE, CAPES, FAPEMIG, Fundação CEFETMINAS, BCE-CEFET-MG e CEFET-MG pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BOSE, B.K.; Recent Advances in Power Electronics. **IEEE Transactions on Power Electronics**, Vol 7, No. 1: 2-10, 1992.

CABRAL, Daniel S.O. Laboratório Modular de Eletrônica de Potência Microprocessado. **Tese: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Escola Politécnica**, 2008.

CARMO, J.M. et al. Identificação de sistemas: Um caso prático em laboratório de controle aplicado na identificação de um sistema mecânico frágil. **Anais: XXXVIII – Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia**. Fortaleza – CE, 2010.

DONOSO-GARCIA, P.F. et al. Ensino orientado ao projeto: uma experiência para o ensino de Eletrônica nas disciplinas de laboratório de Eletrônica e Eletrônica de Potência, **Eletrônica de Potência**, 2008.

FERREIRA, A.A. et al. Integrated Platform for Power Electronics Applications Fast Evaluation and Teaching Purposes. **Anais: IEEE Power Electronics Education Workshop, PEEW**. Recife, Brasil. p. 81-86, 2005.

GOMES, F.J. et al. O problema da defasagem entre a teoria e a prática: proposta de uma solução de compromisso para um problema clássico de controle. **Anais: XXXIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Passo Fundo – RS, 2006.

MC SHANE, E.A. et al. An Improved Approach to Application-Specific Power Electronics Education – Curriculum Development. **IEEE transactions on Education**, vol. 44, No. 03, 2001.

PINTO, S. D. N. C. O computador e o ensino superior de matemática: uma prática interativa. **Dissertação**: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2001.

POMILIO, J. A. et al. Plataforma de ensino de Eletrônica de Potência versátil e de baixo custo. **Eletrônica de Potência**, 2008.

RASHID, Muhammad H. Eletrônica de Potência: Circuitos, Dispositivos e Aplicações. São Paulo: Makron, 1999.

REIS, F. S. et al. Laboratório de Ensino da Eletrônica de Potência - Uma Experiência Construída Para e Pelos Estudantes. **Eletrônica de Potência**, 1999.

RHEM, J. Problem-based learning: An introduction, **In**: The National Teaching & Learning Forum, vol. 8, no. 1, pp. 8-14, 1998.

ROLIM, Luis. G. B. Laboratório Modular de Eletrônica de Potência. **Dissertação**: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, 1993.

SOUZA, A. C. G. Uma estrutura curricular flexível e dinâmica, **Anais**: XXVIII – Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia, 2000.

VENDRUSCULO, E. A. et all. Plataforma didática para avaliação rápida de controle em Eletrônica de Potência. **Eletrônica de Potência**, 2008.

## **ELECTRONIC EDUCATION IN POWER: A PROBLEM BETWEEN THEORY AND PRACTICE AND THE LACK OF RESOURCES LABORATORY**

**Abstract:** *This article presents the gap in the theory-practice and the need for a teaching laboratory in Power Electronics suitable for a solid education that integrates science and practice. Despite the importance of Power Electronics and the growing number of commercial applications, there is a lack of practical resources and low cost to assist the teaching of Power Electronics. The limitation of these laboratory resources forced the universities to develop their own laboratories in order to contribute to improving the quality of teaching in Power Electronics. The diagnostic laboratory of Power Electronics in Brazil reinforces the search for solutions that combine teaching experiments and practical educational tools. The relevance of this discipline is demonstrated in academic importance and market, highlighting the need for an education that meets all the senses in the learning process.*

**Key-words:** *Education in power electronics, laboratory teaching, laboratory situation of power electronics in Brazil.*