

# **METODOLOGIA E PRÁTICAS DE APRENDIZAGEM PARA SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA: APLICAÇÕES EM LABORATÓRIOS DIDÁTICOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**

**Wagner Endo**<sup>1</sup> – wendo@utfpr.edu.br

**Marcos Banheti Rabello Vallim**<sup>1</sup> – mvallim@utfpr.edu.br

**Paulo Rogério Scalassara**<sup>1</sup> – prscalassara@utfpr.edu.br

**Guilherme de Almeida Brito**<sup>1</sup> – guilhermetup@hotmail.com

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR,  
Campus Cornélio Procópio - Departamento de Engenharia Elétrica  
Av. Alberto Carazzai, 1640  
86.300-000 – Cornélio Procópio - Paraná

**Resumo:** Neste trabalho, apresentam-se aplicações didáticas de sistemas de gerenciamento de energia elétrica utilizando como base a aprendizagem baseada em problemas. É proposto um projeto de um sistema de gerenciamento de energia como tema central da aprendizagem. Também, algumas discussões e práticas realizadas em laboratórios didáticos são propostas e relatadas. A aplicação de aprendizagem baseada em problema se mostra uma metodologia satisfatória para o modelo reflexivo de ensino de unidades curriculares de engenharia que apresentam temática interdisciplinar.

**Palavras-chave:** gerenciamento de energia, eficiência energética, aplicações em engenharia, aprendizagem baseada em projetos.

## **1 INTRODUÇÃO**

Um sistema de gerenciamento de energia elétrica é uma ferramenta bastante relevante quando se discute o uso eficiente desta energia. Este é um tema amplamente debatido em vários setores produtivos. O desenvolvimento e projeto de um sistema que gerencie o uso da energia elétrica, na maioria dos casos, envolvem profissionais de diversas áreas de conhecimento (PANESI, 2006). Neste cenário, cabe ao engenheiro argumentar tecnicamente sobre parâmetros que possam traduzir números em ações efetivas. Nos bancos dos cursos de graduação em engenharia, o tema eficiência energética é tratado de forma técnica com resultados quantitativos e muitas vezes restritos à própria área de conhecimento. A partir desta temática, torna-se necessária a formação de engenheiros aptos ao desenvolvimento e aplicação de projetos de sistemas de gerenciamento de energia.

Este trabalho tem como objetivo principal propor uma metodologia para a formação de engenheiros capacitados nesta área. O método de aprendizagem tem impacto significativo na formação do engenheiro. A metodologia aplicada para o desenvolvimento do sistema de gerenciamento de energia elétrica é a aprendizagem baseada em projetos. Esta aprendizagem tem sua origem nos mesmos propósitos da *PBL (Problem Based Learning)* (WALSH, 2005). A *PBL* em engenharia é mais recente do que em outras áreas de conhecimento, como a Medicina e a Administração. Desta forma, este trabalho torna-se relevante, por ser um ensaio para se estimular a *PBL* nos cursos de engenharia no Brasil. Pois, nela existe uma grande variabilidade de possibilidades de implementações, dependendo dos objetivos e da base tecnológica assumida (VALLIM, 2008). O desenvolvimento de técnicas e métodos que

auxiliem a aprendizagem é bastante discutido na formação desses profissionais (VALLIM, 2008). Neste processo, o professor pode utilizar um Objeto de Aprendizagem de Engenharia (OAE). Em BRITO et al. (2009), apresentou-se uma bancada de medições de grandezas elétricas que é o OAE aplicado neste trabalho. O OEA pode ser definido como uma entidade digital ou não-digital que é aplicada durante a aprendizagem e pode ser baseada em ferramentas tecnológicas (IEEE, 2005; PRAIVA & FILHO, 2007).

Para o desenvolvimento do trabalho, propõem-se aos estudantes o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de energia como tema central da aprendizagem. Este sistema é uma das ferramentas utilizadas para melhoria da eficiência energética de uma unidade consumidora. São apresentadas as práticas e técnicas que tratam este tema de forma multidisciplinar. Este tema ancora diversas unidades curriculares, como por exemplo: Circuitos e Medidas Elétricas, Instalação Industriais, Sistemas de Tarifação, Gerenciamento de Produção, Redes Industriais, Automação e Controle e unidades curriculares da área de Gestão.

Na Fundamentação Teórica, desenvolvem-se alguns conceitos de gerenciamento de energia, eficiência energética, instrumentação e medidas elétricas. São definidos também, os conceitos da *PBL* para engenharia. Na Proposta Metodológica, apresentam-se as práticas de aprendizagem adotadas nas aulas de graduação. Os aspectos do processo de aprendizagem dos alunos durante o desenvolvimento das atividades são discutidos em Resultados e Reflexões. Por fim, são colocados alguns pontos relevantes deste trabalho sob a abordagem da *PBL* nas Considerações Finais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E BASES TECNOLÓGICAS

Nesta seção, são revisados alguns conceitos e bases tecnológicas necessários como pré-requisito para o desenvolvimento do projeto e para aplicação das técnicas de aprendizagem abordadas neste trabalho.

### 2.1 Gerenciamento de Energia Elétrica

Gerenciar um sistema envolve a aplicação de procedimentos com a participação de diversas áreas profissionais. O gerenciamento de energia elétrica tem suas diretrizes legais e administrativas determinadas por entidades do setor elétrico nacional, como por exemplo, a Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, CCEE e o Operador Nacional do Sistema Elétrico, ONS. No entanto, para gerenciar é necessário um diagnóstico energético da unidade de consumo. Este diagnóstico pode ter como base os seguintes passos: levantamento de dados gerais da unidade consumidora, estudo dos fluxos de materiais e produtos, caracterização do consumo energético, avaliação das perdas de energia, desenvolvimento de estudos técnicos para redução das perdas e elaboração dos planos de ação e recomendações (BARROS et al., 2011).

Existe no Brasil, um número significativo de empresas prestadoras de serviços de gerenciamento de energia elétrica. Estas empresas auxiliam unidades consumidoras a identificar oportunidades de conservação de energia e implantar projetos de gerenciamento de energia, além de prestar outros serviços relativos a ela. Os serviços prestados aplicam sistemas que envolvem coletas de dados, análise e monitoração de consumo de energia. Em alguns casos, estes sistemas operam em tempo real. Os dados são coletados através de sistemas de monitoração que tratam tais informações e as apresentam através de *softwares*, numérica e graficamente. Através desses *softwares* e de um sistema adequado de controle, pode-se gerenciar remotamente uma unidade consumidora (BRITO et al., 2009). As ações

para boas práticas no gerenciamento de energia elétrica estão diretamente relacionadas aos conceitos que abrangem a eficiência energética.

## 2.2 Eficiência Energética

A Eficiência Energética pode ser definida como um conjunto de métodos de trabalho que otimizam o uso da energia elétrica através de ações conjuntas, desde a capacitação de recursos humanos para o uso adequado da energia, até as ações político-administrativas do setor elétrico nacional (CAPELLI, 2007). Alguns conceitos para a análise de eficiência energética devem levar em conta parâmetros e os contratos do sistema de tarifação definidos pela ANEEL.

### Alguns parâmetros para a análise da eficiência energética

Este trabalho se limita a abordar o controle do fator de carga e do fator de potência como parâmetros para a melhoria da eficiência energética. O fator de carga é a relação entre a carga utilizada pela unidade consumidora e a demanda contratada. O fator de potência está relacionado ao excedente reativo desenvolvido pelas cargas da unidade consumidora. O contrato de tarifação também é um importante instrumento para a análise da eficiência energética, pois definem os valores dos custos de energia previamente contratados com a concessionária de energia.

### Sistemas de Tarifação

As concessionárias de energia elétrica classificam os consumidores de acordo com a atividade desenvolvida, sendo o sistema tarifário dividido em dois grandes grupos, conforme a tensão de fornecimento com que os consumidores estão sendo atendidos. Os consumidores atendidos em tensão inferiores a 2,3 kV pertencem ao grupo tarifário chamado como grupo “B”, e os atendidos em tensão igual ou superior a esta, são pertencentes ao grupo “A”, conforme a Resolução nº414 da ANEEL de 9 de setembro de 2010. As estruturas tarifárias de unidades consumidoras industriais, para o cálculo do preço da energia, são baseadas em dois componentes, sendo um referente ao consumo de energia elétrica quilowatt-hora (kWh) independente da atividade desenvolvida e da tensão de fornecimento, e o outro referente à demanda de potência contratada expressa em quilowatt (kW).

## 2.3 Medidas de grandezas elétricas e instrumentação

A partir das medições de tensões e correntes de um circuito, podem-se obter as demais grandezas elétricas, como por exemplo: potência ativa, potência reativa, potência aparente e o fator de potência. A instrumentação de medidas elétricas é feita através de transformadores de corrente (TC) e transformadores de potencial (TP). Estes transformadores têm como objetivo reduzir os valores de corrente e tensão, respectivamente, para que as medidas sejam indicadas, registradas e controladas, dependendo da classe do instrumento utilizado. Existem instrumentos analógicos e instrumentos digitais para medição de grandezas elétricas. Os instrumentos digitais possuem funções agregadas além da medição em si. Estes podem ter disponível, por exemplo, uma memória interna de registro dos dados, protocolos de comunicação para transmissão dos valores medidos.

## 2.4 Aprendizagem baseada em problema e os Objetos de Aprendizagem em Engenharia

A *PBL* ou aprendizagem baseada em problemas surgiu em meados dos anos 60 no Canadá, na cidade de Hamilton. Surgiu do contexto desta cidade que sofria graves problemas

na área de saúde (RIBAS, 2004). Alguns questionamentos sobre a formação dos profissionais da saúde emergiram no meio acadêmico, sobre como adquirem conhecimentos, competências e habilidades. A maioria dos autores que tratam a *PBL* considera que esta nova abordagem pedagógica foi desenvolvida originalmente no curso de Medicina na Universidade McMaster de Hamilton no Canadá. Em 1974, a Universidade de Aalborg, na Dinamarca inicia um curso de engenharia elétrica, com uma abordagem denominada *Aprendizagem baseada em Projetos*, este é considerado um marco inicial da *PBL* na educação em engenharia (KJAERSDAM & ENEMARK, 1994). Em uma versão bastante difundida da *PBL*, da universidade McMaster, o processo é constituído de 7 passos descritos de forma seqüencial (WALSH, 2005): identificação do problema, exploração do conhecimento pré-existente, geração de hipóteses, identificação das questões de aprendizagem, empreendimento do auto estudo para aquisição de novos conhecimentos, reavaliação e aplicação do novo conhecimento do problema e avaliação e reflexão sobre a aprendizagem realizada. No ensino de engenharia, a *PBL* mantém as características gerais de sua origem, no entanto introduz especificidades inerentes à formação do engenheiro, a mais relevante é a introdução de projetos com elemento condutor da aprendizagem. Alguns exemplos de aplicação de problemas e projetos no ensino de engenharia são relatados em VALLIM (2008), como por exemplo, a utilização de robôs móveis, *TEKBOTS*<sup>TM</sup>, o projeto AAU da universidade de Aalborg e a linha de disciplinas de Projeto da Universidade Laval, Quebec, Canadá.

Em vários casos de aprendizagem baseada em problemas, utilizam-se objetos educacionais como elementos facilitadores deste processo. Entende-se Objeto de Aprendizagem (OA) ou Objeto Educacional (OE) como qualquer recurso, ou conjunto de recursos agregados, que possa ser facilmente armazenado, referenciado ou localizado. No entanto, a definição exata do termo ainda é amplamente discutida (IEEE, 2005; PRAIVA & FILHO, 2007). Neste trabalho, foi denominado o objeto de aprendizagem de engenharia (OAE) como sendo a bancada de medições previamente disponível para a utilização dos estudantes no desenvolvimento do projeto.

### 3 PROPOSTA METODOLÓGICA

Nesta seção, apresentam-se a metodologia desenvolvida em um curso de graduação em engenharia elétrica nas disciplinas de energia. Inicialmente, propõem-se o projeto (problema) a ser desenvolvido, em seguida, o objeto de aprendizagem que realiza as medições de parâmetros de energia e os aspectos da *PBL* aplicada.

#### 3.1 Proposta do projeto do Sistema de Gerenciamento de Energia

A proposta do projeto tem como objetivos: levantar informações da unidade consumidora, desenvolver um modelo que represente a unidade consumidora, propor uma estrutura de um sistema de gerenciamento de energia, levantar um diagnóstico energético baseado nas informações coletadas do sistema de gerenciamento e propor ações para a melhoria da eficiência energética.

Unidades consumidoras de energia com tarifação sazonal (indústrias, por exemplo) podem adotar o controle do fator de carga (demanda) e o controle de excedentes reativos (fator de potência) como medidas para melhorar a eficiência energética. O projeto do sistema de gerenciamento de energia deve prever a medição e controle desses parâmetros para cada setor da unidade consumidora.



## O estudo do problema e a proposta do projeto

Inicialmente, o problema é abordado visualizando a unidade consumidora como um todo. Assim, é apresentado o problema através da análise do demonstrativo de grandezas faturadas que é fornecido pela concessionária de energia. Alguns problemas são levantados, como o baixo fator de carga e os excedentes reativos. Visualizando que a unidade consumidora pode ser uma indústria com vários circuitos de distribuição, é proposta uma divisão em medições setoriais. Estes sistemas possibilitam um controle local mais adaptado a cada setor de uma indústria.

### 3.2 Abordagem da metodologia *PBL* no projeto proposto

Após a identificação do problema e a apresentação do tema central do projeto (sistema de gerenciamento de energia), buscou-se explorar o conhecimento pré-existente dos estudantes. Esses conhecimentos foram resgatados de unidades curriculares já cursadas pelos alunos, entre elas: circuitos elétricos, instalações elétricas, medidas elétricas e instrumentação. É importante ressaltar que, na exploração do conhecimento pré-existente dos alunos, foi possível contar com um entendimento mais aprimorado, pois eles já cursaram pelo menos 50% das unidades curriculares básicas de engenharia elétrica. Outro aspecto considerado é que o curso de engenharia deste trabalho segue o modelo tradicional. A *PBL*, neste caso, é apresentada nas disciplinas de aprofundamento que são ofertadas a partir da segunda metade do curso de graduação em engenharia elétrica. Na identificação de mecanismos de solução para a implementação do projeto, foi apresentado o objeto de aprendizagem do sistema de gerenciamento de energia: os medidores digitais de grandezas elétricas. A partir daqui, as questões de aprendizagem devem ser claramente mostradas aos alunos, pois é um passo importante para que os estudantes estabeleçam seus objetivos de aprendizagem e tomem consciência dos conceitos que deverão dominar ao final deste processo.

### 3.3 Arquitetura proposta do objeto de aprendizagem do sistema de gerenciamento de energia

O objeto de aprendizagem utilizado neste trabalho é composto pelos equipamentos e pela aplicação em *software* disponível aos estudantes no laboratório didático. A Figura 1 apresenta a arquitetura deste objeto de aprendizagem adotado para o desenvolvimento das atividades do projeto proposto. A bancada de aquisição de dados é constituída de: um transdutor digital de grandezas elétricas da marca *KRON*<sup>®</sup> (KRON, 2011), três transformadores de corrente e um conversor de comunicação serial RS232/RS485. O transdutor possui uma interface de comunicação em rede industrial, o protocolo embarcado é o *Modbus* (MODBUS, 2011). Foi desenvolvida uma aplicação em um sistema supervisor que coleta as informações obtidas pelo transdutor digital. Esta aplicação básica faz parte do objeto de aprendizagem desenvolvido para o início das atividades do projeto proposto.

Após a apresentação do OAE, os alunos são empreendidos ao auto-estudo de novos conceitos necessários ao desenvolvimento do sistema de gerenciamento de energia. Destacam-se alguns tópicos que são fundamentais para a aprendizagem nesta etapa: redes industriais de comunicação, conceitos básicos de automação para o controle das cargas, sistemas de tarifação e sistemas supervisórios. O papel do professor é fundamental para colocar em dúvida o conhecimento adquirido nesta etapa.

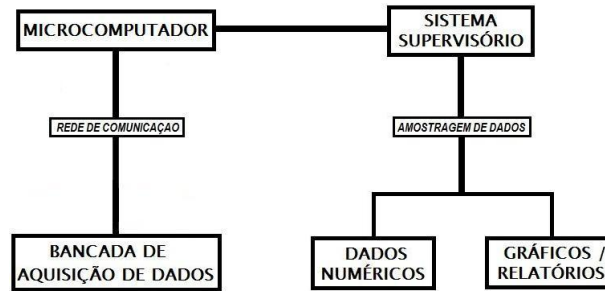


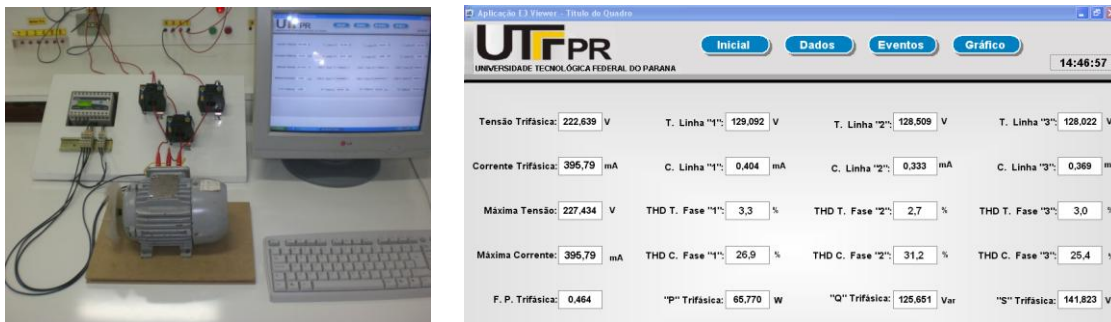
Figura 1 - Arquitetura do sistema de medição

## 4 RESULTADOS E REFLEXÕES

São apresentados os resultados do projeto do sistema de gerenciamento de energia sob a ótica dos objetivos pré-estabelecidos pela *PBL* e as especificidades do OA utilizado. No desenvolvimento das práticas, algumas reflexões dos métodos foram feitas sobre a aprendizagem realizada.

### 4.1 Aplicação do OAE do sistema de gerenciamento de energia

A Figura 2 mostra o OAE desenvolvido e aplicado para o projeto do sistema de gerenciamento de energia. Os detalhes desta bancada são descritos em BRITO et al. (2009).



(a) Bancada de medição de grandezas elétricas  
(b) Aplicação em *software* desenvolvida para o OEA do projeto

O OEA proposto serviu de elemento facilitador da aprendizagem baseada em problemas. Os equipamentos utilizados são de aplicação industrial, isto aproximou o problema proposto em laboratório ao desenvolvimento de um projeto real industrial.

### 4.2 Implementação do sistema de gerenciamento de energia e obtenção do diagnóstico energético

Utilizando alguns conceitos já dominados pelo aluno previamente, como no caso de medidas elétricas, o estudante revisita esses conceitos aplicando-os no problema. A Figura 3 apresenta uma possível topologia para medição de grandezas elétricas. Pois, os estudantes devem analisar e propor como serão medidas as grandezas elétricas das cargas em estudo. Por exemplo, a topologia pode ser simplificada se for uma carga equilibrada ou se a medição for

monofásica. Foram utilizados os TCs para a medição de corrente e para a medida das tensões foi dispensado o uso de TPs.

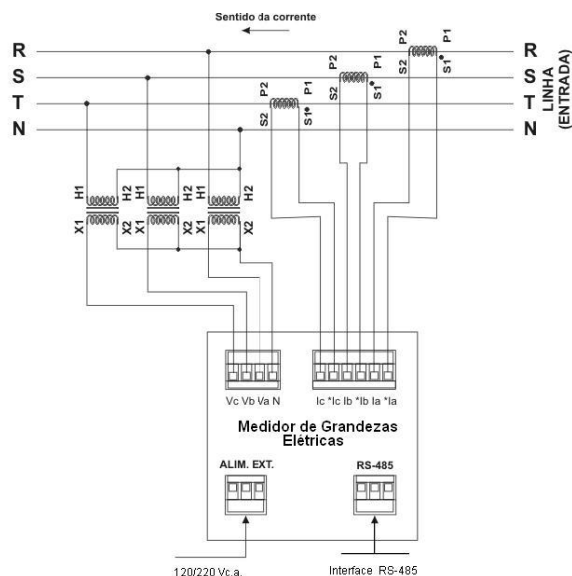


Figura 3 – Topologia para medição das grandezas elétricas (Adaptado de KRON, 2011).

Ainda a partir dos conhecimentos prévios, adotou-se um modelo de um circuito de distribuição e circuitos terminais que representa uma instalação industrial, conforme Figura 4. Mostra-se a topologia proposta de uma instalação industrial dividida por setores (circuitos de distribuição e terminais), onde CS é a chave seccionadora, QDG, o quadro de distribuição geral, QT, o quadro terminal e QD, o quadro de distribuição.

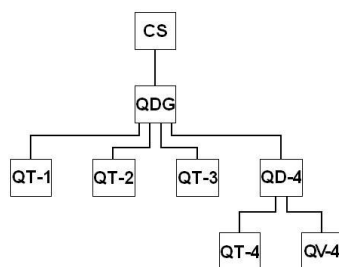


Figura 4 – Modelo de circuito de distribuição e circuitos terminais.

Baseado nesse cenário industrial buscou-se, nas experimentações didáticas, a troca de experiência e adequações a cada modelo proposto. Assim, a proposta prática segue o seguinte roteiro: análise dos quadros de distribuição para identificação das cargas e medições setoriais, proposta da arquitetura do sistema de gerenciamento de energia, configuração dos parâmetros de comunicação (rede industrial de comunicação), obtenção e análise dos resultados.

## Aplicando o novo conhecimento à proposta do projeto

Em seguida, utilizando-se dos conceitos recém adquiridos sobre redes industriais de comunicação e o funcionamento básico do transdutor digital, propõe-se a arquitetura do sistema de gerenciamento na Figura 5.

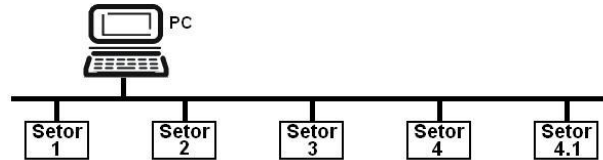


Figura 5 – Arquitetura de comunicação em rede das medições setoriais

O modelo da Figura 5 aborda o caso típico de uma topologia com medições setoriais. Essas medições são realizadas pelos respectivos transdutores digitais das bancadas de aquisição de dados. Os transdutores medem os circuitos terminais e de distribuição mostrados na Figura 4. A partir desta arquitetura de comunicação em rede dos medidores setoriais, existe a possibilidade de criação de medições virtuais, que podem ser implementadas no sistema supervisor, como é o caso do circuito terminal QV-4 da Figura 4. Este circuito pode ser obtido através das relações entre o setor 4 e o setor 4.1 das medições setoriais. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos de um medidor trifásico. Foi utilizada como carga de teste um motor de indução trifásico a vazio, em uma ligação tipo estrela, potência ativa de 0.33cv, 1720 rpm e fator de potência nominal de 0.66.

Tabela 1 – Exemplo de valores coletados por medidor

	Trifásico	Linha 1	Linha 2	Linha 3
Tensão	221,752 V	127,890 V	128,436 V	127,713 V
Corrente	395,792 mA	399,902 mA	385,055 mA	401,896 mA
Potência Ativa	59,705 W	19,314 W	19,881 W	20,515 W
Potência Reativa	139,803 VAr	47,356 VAr	45,283 VAr	47,050 VAr
Potência Aparente	152,018 VA	51,143 VA	49,455 VA	51,328 VA
Fator de Potência	0,393	0,378	0,402	0,400
Frequência	60,0 Hz			
DH-V <sup>1</sup>		3,3 %	2,7 %	3,0 %
DH-I <sup>2</sup>		26,9 %	31,2 %	25,4 %

1- Distorção Harmônica de Tensão, 2 – Distorção Harmônica de Corrente

A análise geral de eficiência energética da unidade consumidora pode ser gerada através da totalização de todas as medições setoriais. Os dados gerais estimados podem ser confrontados com os contratos de tarifação da unidade consumidora em estudo. Nestes casos, pode-se utilizar o demonstrativo de grandezas faturadas para possíveis alterações nos contratos. Assim como a definição de diretrizes para a tomada de decisões na melhoria da eficiência energética, como por exemplo, o controle do fator de carga e o controle do fator de potência.

### 4.3 Reflexões sobre o projeto proposto e os objetivos alcançados através da PBL

A avaliação sobre a aprendizagem realizada foi dividida em quatro partes: apresentação do projeto com todas as etapas relatadas por escrito, arguição pelo professor dos conhecimentos adquiridos, apresentação do modelo proposto implementado nas bancadas didáticas e o seminário dirigido. Os principais pontos positivos observados foram: o



desenvolvimento interpessoal dos estudantes, o envolvimento no desafio proposto e a busca pela responsabilidade do próprio aprendizado.

### **A PBL como metodologia**

Observou-se que, no desenvolvimento das habilidades dos estudantes para o projeto, a *PBL* assumiu características de uma metodologia de aprendizagem, pois reuniu um detalhamento de procedimentos. Isto pode ter expandido para um período ou até para um curso inteiro de graduação em engenharia. Este trabalho foi aplicado somente em uma unidade curricular da graduação, pois ficou restrita a algumas bases tecnológicas. Em VALLIM (2008), a *PBL* é entendida como método e apresenta de forma detalhada a sua respectiva aplicação em um curso de graduação em Engenharia de Controle e Automação.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Algumas práticas foram apresentadas sob a ótica da aprendizagem baseada em projetos. No qual, verificou-se que o tema central pode ser abrangido a todos os campos de aplicação da área de energia, mesmo que a aprendizagem fique limitada a algumas unidades curriculares da graduação. No entanto, foi observado neste trabalho, apesar dessas limitações, que se consegue agregá-las de forma cooperativa com outras áreas, como por exemplo, a Administração e a Automação Industrial.

Percebeu-se ao que ainda existem alguns “choques de cultura” no processo de aprendizagem. Como por exemplo, a independência do pensar colocada ao aluno. Verifica-se que ao mesmo tempo em que o aluno percebe o estímulo intelectual mais intenso através da *PBL*, ele pede que a ligação entre conceitos teóricos e o desenvolvimento do projeto seja baseada na “educação bancária” relatada por FREIRE (2005), tendo em vista que a aprendizagem baseada em projetos necessita do conhecimento prévio do aprendiz. Nestes casos, um objetivo da *PBL*, que deve ser intensamente monitorado pelo professor, é a orientação da falta de conhecimento e habilidade do estudante.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Cornélio Procopio pelo apoio dado a este trabalho.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BARROS, B. F.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. Gerenciamento de Energia – Ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2011. 176p. il.

BRITO, G. A.; ENDO, W.; ALBERTIN, G. S. Interface para análise, medição e supervisão de energia elétrica baseada em redes de comunicação para aplicações didáticas. **Anais: XXXVII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia – COBENGE**. Recife: UFPE, 2009.

CAPELLI, A. Energia Elétrica para Sistemas Automáticos da Produção. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2007. 320p. il.

FREIRE, P. Pedagogia do oprimido. 44. ed. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2005. 213p. il.

IEEE, **WG12: Learning Object Metadata**. Disponível em: <<http://ltsc.ieee.org/wg12/>> Acessado em: 13 jun. 2011.

KJAERSDAM, F.; ENEMARK, S. *The Aalborg Experiment: Project Innovation in University Education*. 1 ed. Aalborg, Denmark: Aalborg University Press, 1994

KRON. **Transdutor digital de grandezas elétricas – Multi K-05**. Disponível em: <[http://www.kron.com.br/br/downloads\\_descritivo\\_tecnicos.php](http://www.kron.com.br/br/downloads_descritivo_tecnicos.php)> Acesso em: 14 jun. 2011.

MODBUS. **The Modbus Organization**. Disponível em: < <http://www.modbus.org>> Acesso em 02 jun. 2011.

PANESI, A. R. Q.; Fundamentos de eficiência energética – industrial, comercial e residencial. 1. ed. São Paulo: Ensino Profissional Editora, 2006. 189p. il.

PRAIVA, Z. M. C.; FILHO, M. F. O. S.; Softwares Educacionais em Engenharia: Objetos Educacionais (OE's). In: *Novos Paradigmas na Educação em Engenharia*, Curitiba: ABENGE, 2007. p.233.

RIBAS, A. F. *Las líneas maestras del aprendizaje por problemas*, 2004.

VALLIM, M. B. R. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Departamento de Engenharia Elétrica. Um modelo reflexivo para a formação de engenheiros, 2008. 184p, il. Tese (Doutorado)

WALSH, A. *The Tutor in Problem Based Learning: A Novice's Guide. Program for Faculty Development*, McMaster University, Faculty of Health Sciences. 2 ed. Hamilton, Canadá, 2005.

## **METHODOLOGY AND PRACTICES FOR LEARNING OF ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS: APPLICATIONS IN DIDACTIC UNDERGRADUATE LABORATORIES OF ENGINEERING**

**Abstract:** *This paper presents didactic applications of energy management systems applying problem based learning (PBL). We propose an energy management system project as main theme of learning. Also, we discuss a number of didactic laboratories practices. The problem based learning presents itself as a satisfactory methodology for reflexive teaching in engineering that has an interdisciplinary theme.*

**Key-words:** *energy management systems, energy efficiency, engineering applications, project based learning.*