



UM EXEMPLO DO USO DA ABP NA DISCIPLINA DE INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA DO IFPB – MINI GELADEIRA PELTIER CONTROLADA POR ARDUINO

Jéssica Pederneiras Moraes Rocha – jessicapmr@gmail.com

Matheus dos Santos Mendes – matheusdsmendes@gmail.com

Túlio Ítalo Oliveira de Medeiros – thecaya@hotmail.com

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

Bacharelado do Curso de Engenharia Elétrica

Ademar Gonçalves da Costa Júnior – ademarcosta@ifpb.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

Laboratório de Instrumentação, Sistemas de Controle e Automação (LINSCA)

Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe

58.015-430 – João Pessoa – Paraíba

***Resumo:** Uma forma pedagógica de aumentar o interesse dos alunos de cursos de Engenharia é a elaboração de protótipos, unindo os conteúdos teórico e prático da disciplina, utilizando a Abordagem Baseada em Problemas (ABP), como metodologia de ensino. Este artigo apresenta a implementação de uma mini geladeira baseada em célula Peltier, no qual é utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino para aquisição, processamento e controle deste sistema. Ao final do projeto, o discente tem uma visão integrada e sólida dos diversos assuntos abordados ao longo do curso de graduação, já que utiliza conceitos de outras disciplinas já cursadas ou que estão sendo cursadas em paralelo com a disciplina de Instrumentação Eletrônica, no curso de Engenharia Elétrica do IFPB.*

***Palavras-chave:** Instrumentação eletrônica, Célula Peltier, Arduino, Abordagem baseada em problemas, Protótipo educacional*

1. INTRODUÇÃO

Uma forma de aumentar o interesse dos alunos dos cursos da área de Tecnologia é a união entre a teoria de uma disciplina e um problema prático, no qual podem utilizar os conhecimentos adquiridos na disciplina cursada, e sua integração multidisciplinar. Segundo Gomes e Silveira (2007), a educação em Engenharia de Controle e Automação enfrenta desafios na relação ensino-aprendizagem, em demandas sociais, na eliminação de postos de trabalho, no risco tecnológico e ainda os reflexos dos problemas do ensino médio e fundamental.

Desta forma, a utilização de protótipos em forma de planta piloto ou de sistemas automatizados e/ou robóticos, em proporções reduzidas, é muito útil nos cursos de graduação em Engenharia. Além disso, no ambiente de Automação e Controle, a implantação de algoritmos de sistemas de controle e a realização de testes comparativos

entre os diferentes tipos de sensores e atuadores, motivam alunos e professores no ensino e na pesquisa. No ambiente acadêmico, a construção de protótipos educacionais em disciplinas ou em trabalhos de iniciação científica ganha cada vez mais espaço, devido ao custo de aquisição dos protótipos das empresas que os comercializam, além da dependência tecnológica ao ser realizada esta aquisição, não se permitindo muitas vezes, a incorporação de novas tecnologias ou uso de novos algoritmos computacionais para testes comparativos (GOMES & SILVEIRA, 2007; GOMES *et al.*, 2011; MAXIMO *et al.*, 2011).

Para fomentar o interesse dos alunos da disciplina de Instrumentação Eletrônica, do curso de Engenharia Elétrica, do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), campus João Pessoa, e como forma de utilização da metodologia de ensino, Aprendizagem Baseada em Problemas – ABP (RIBEIRO, 2005; FERNÁNDEZ-SAMACÁ *et al.*, 2012; FREITAS, 2012), durante o início do semestre 2012.2 foram propostos projetos em equipe que envolvessem a utilização de sensores e o condicionamento do sinal, além da integração multidisciplinar com outras disciplinas do currículo do curso. Deste modo, o objetivo deste artigo é apresentar a construção de um protótipo de uma mini geladeira baseado em uma célula Peltier, no qual a aquisição, o processamento e o controle do sistema são realizados pela plataforma de prototipagem eletrônica Arduino.

Este artigo está dividido deste modo. Na Seção 2 é apresentada a ABP e sua aplicabilidade na disciplina de Instrumentação Eletrônica do curso de Engenharia Elétrica do IFPB. Nas Seções 3 e 4 são apresentados o sistema térmico baseado em célula Peltier e o protótipo elaborado, respectivamente, e na Seção 5, as considerações finais deste trabalho.

2. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS APLICADA NA DISCIPLINA DE INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA

A metodologia pedagógica denominada de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) surgiu no Canadá na década de 60 do século passado, sugerida e implantada pela Universidade de MacMaster, sendo adotada posteriormente por diversas universidades no mundo. No Brasil, diversos trabalhos vêm sendo publicados, decorrentes de sua implantação em diversos cursos de nível superior e de pós-graduação.

Na abordagem ABP, os papéis dos alunos e docentes em sala de aula, diferem da abordagem convencional, esta centrada no professor (RIBEIRO, 2005). Segundo Woods *apud* Ribeiro (2005), assumir responsabilidade pela própria aprendizagem em uma abordagem ABP significa que os alunos cumpram as seguintes tarefas:

- Exploração do problema, levantamento de hipóteses, identificação de questões de aprendizagem e elaboração das mesmas;
- Tentativa de solução do problema com o que sabem, observando a pertinência de seu conhecimento atual;
- Identificação do que não sabem e do que precisam saber para solucionar o problema;
- Planejamento e delegação de responsabilidades para o estudo autônomo da equipe;
- Aplicação do conhecimento na solução do problema;
- Avaliação do novo conhecimento, da solução do problema e da eficácia do processo utilizado e reflexão sobre o processo.

A abordagem adotada é que o aluno construa o seu próprio conhecimento a partir do desenvolvimento de um problema proposto ou sugerido pelo mesmo. Este problema é estudado na forma de um projeto prático, no qual, é desenvolvido em função dos conteúdos da disciplina, buscando a interdisciplinaridade, o que faz com que o problema seja compreendido, fundamentado e analisado, como, por exemplo, é realizado através de uma metodologia de gerenciamento de projetos.

No IFPB, em específico, na disciplina de Instrumentação Eletrônica do curso de Engenharia Elétrica, esta metodologia está sendo introduzida e testada pelo professor da disciplina. A proposta utilizada é baseada na informação de que o engenheiro moderno não precisa do conhecimento memorizado, “decorado” e acumulado, mas sim, do conhecimento necessário para a resolução de problemas baseado na construção do conhecimento.

Desta forma, foi adotada como elemento fundamental, a proposta elaborada por Hadgraft e Prpic *apud* Ribeiro (2005), no formato 4-2-3-1-3, de acordo com a Tabela 1. Este formato adotado auxiliará o professor na identificação de qual abordagem será mais bem adotada na disciplina de Instrumentação Eletrônica, que o guiará para a adoção e aplicabilidade do formato PBL ideal (4-4-4-4-4).

3. O SISTEMA TÉRMICO BASEADO EM CÉLULA PELTIER

Com o avanço da engenharia dos materiais em diversas áreas, os efeitos térmicos em específico, conhecidos deste o século XIX, passaram a se tornar viáveis tecnologicamente em sistemas para refrigeração, em especial, com o desenvolvimento de pastilhas semicondutoras. No efeito Peltier, a existência de um fluxo de corrente na junção de dois metais diferentes, faz com haja liberação ou absorção de calor (FRADEN, 2003). Segundo Balbinot e Brusamarello (2007), o efeito Peltier pode ser definido como “*a mudança no conteúdo de calor quando uma quantidade de carga (1 coulomb) atravessa a junção, sendo este efeito, reversível, no qual dependerá da composição das junções e da temperatura, sendo a dependência linear*”.

Para a idealização do protótipo foi utilizada pela equipe, uma célula Peltier para refrigeração de uma caixa térmica, baseado em isopor, para resfriamento deste ambiente. O sinal de temperatura do processo é adquirido por um microcontrolador, no qual executa um algoritmo, baseado em um controlador *on-off* (liga-desliga), enviando um sinal para ligar/desligar a célula Peltier. Na Figura 1 está ilustrado o circuito em malha fechada do sistema apresentado.

Os principais componentes do protótipo implementado são brevemente descritos nas subseções de 3.1 a 3.3.

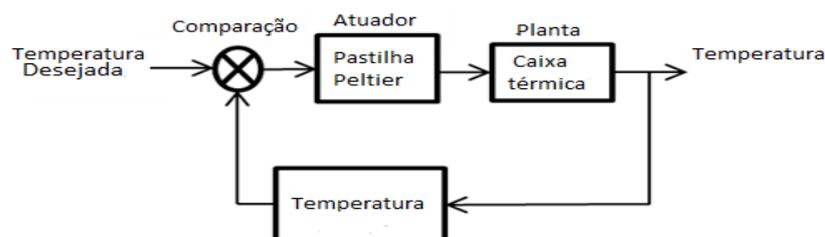


Figura 1 - Diagrama em malha fechada do sistema de refrigeração.

Tabela 1 – Elementos fundamentais da PBL (Fonte: HADGRAFT & PRPIC *apud* RIBEIRO, 2005).

Passo	Problema	Integração	Trabalho em Equipe	Solução de Problemas	Aprendizagem Autônoma
1	Vários problemas por semana.	Nenhuma ou pouca integração de conceitos. Uma única ideia.	Trabalho individual.	Nenhum método formal de problemas. Alunos concentram-se em como solucionar cada novo tipo de problema.	Professor fornece todo o conteúdo via aula, observações, páginas da Internet, tutoriais, referências a livros e periódicos. Alunos concentram-se em aprender o que lhes foi dado.
2	Um problema por semana.	Alguma integração de conceitos	Alunos trabalham juntos em sala de aula (informalmente), mas produzem trabalhos individuais.	Método formal de solução de problemas, que é aplicado nas aulas.	Professor fornece grande parte do conteúdo, mas espera que os alunos investiguem alguns detalhes e/ou dados por si próprios.
3	Mais de um problema por semestre, cada um com duração de algumas semanas.	Integração significativa de conceitos e habilidades na solução do problema.	Trabalho em equipe, menos informal que a categoria anterior. Relatório em conjunto, porém sem avaliação dos pares.	Método formal de solução de problemas, o qual é orientado por tutores em aulas tutoriais.	Professor fornece um livro-texto como base para sua disciplina, mas espera que os alunos utilizem esta e outras fontes, a seu critério.
4	Um problema por semestre.	Grande integração, talvez incluindo mais de uma área de conhecimento.	Trabalho em equipe formal, encontros externos entre as equipes, avaliação por pares, relatórios e apresentação de resultados em conjunto.	Método formal de solução (e aprendizagem) de problemas. Alunos aplicam este método, sozinhos a cada novo problema.	Professor fornece pouco ou nenhum material (talvez algumas referências). Alunos utilizam a biblioteca, a Internet e especialistas para chegarem à compreensão do problema.

3.1. Célula Peltier

A célula Peltier ou módulo Peltier converte energia elétrica em seu interior, transformando-a em um gradiente de temperatura entre as duas faces. Esta célula é formada por um conjunto de materiais semicondutores tipo p e n , ligados eletricamente em série e termicamente em paralelo. O fluxo de corrente elétrica através da junção de dois materiais dopados diferentemente provoca um gradiente de temperatura entre as duas faces, caracterizando o efeito Peltier. De acordo com o sentido da corrente, uma

das faces resfriará ao passo que outra aquecerá, no qual este fenômeno se dá devido a passagem do elétron de um nível mais alto de energia (material tipo *n*) para um nível mais baixo (material tipo *p*), resultando na liberação de calor (BARRETO NETO & LIMA, 2006). Um esquema desse princípio pode ser visualizado na Figura 2.

A célula Peltier utilizada foi o modelo HTC30-05-8.5, fabricado pela Danvic, no qual opera com corrente máxima de 5 A, tensão máxima de 8,5 V, capacidade máxima de bombeamento de 24,9 W e gradiente de temperatura de 68° C.

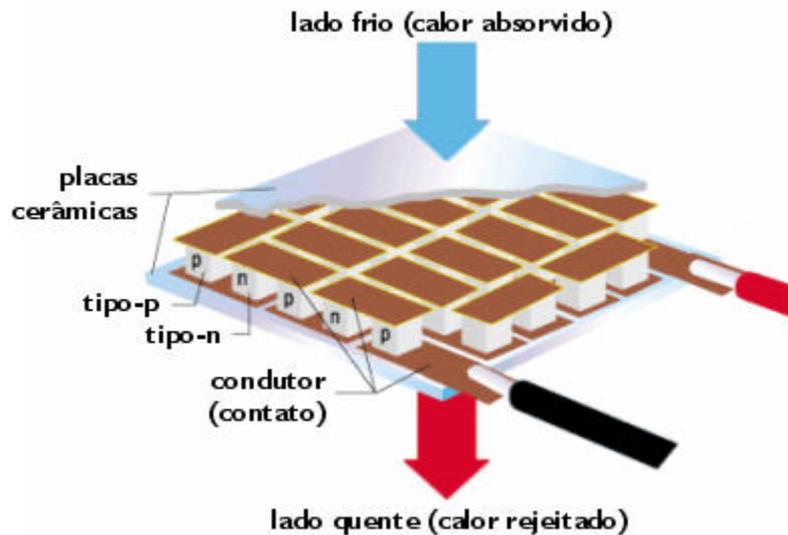


Figura 2 - Princípio de funcionamento de células Peltier.
 (Fonte: www.peltier.com.br).

3.2. Sensor de temperatura

O sensor LM35 é um sensor de precisão que apresenta uma saída de tensão linear relativa à temperatura em que ele se encontrar no momento em que for alimentado por uma tensão de 4-20 Vdc e GND. A sensibilidade do LM35 é de 10mV/°C, não necessitando de qualquer calibração externa ou *trimming* para fornecer com exatidão, valores de temperatura com variações de ¼ °C ou até mesmo ¾ °C dentro da faixa de temperatura de -55°C à 150°C (TEXAS INSTRUMENTS, 2013).

3.3. Plataforma de Prototipagem Eletrônica Arduino

A plataforma de desenvolvimento Arduino é dito uma plataforma de computação física, no qual sistemas digitais ligados aos sensores e aos atuadores são capazes de medir variáveis no ambiente físico, realizar cálculos numéricos, e tomar decisões lógicas no ambiente computacional gerando novas variáveis no ambiente físico (ARAÚJO *et al.*, 2012).

O Arduino faz parte do conceito de *hardware* e *software* livre e está aberto para uso e contribuição por toda a sociedade. Pelo fato do Arduino ser *open-source* e ser de fácil aquisição, existem diversos fóruns na Internet que oferecem suporte aos usuários e projetistas, assim como o compartilhamento de ideias e projetos com outros desenvolvedores. Para o desenvolvimento do projeto, foi utilizada a plataforma Arduino

Uno, no qual é baseado no microcontrolador ATmega 328, possuindo 14 terminais de entrada/saída (06 podem ser usado como saída PWM), 06 entradas analógicas, um oscilador a cristal de frequência de 16 MHz, uma conexão USB, entre outros detalhes (ARDUINO, 2013).

4. O PROTÓTIPO DO SISTEMA TÉRMICO ELABORADO

Para o desenvolvimento do protótipo foi utilizado uma caixa térmica em isopor, na qual foi acoplado um dissipador e um *cooler* de computador nas partes interna e externa (Figura 3). Um sensor LM35 é colocado internamente nesta caixa térmica para monitoramento da temperatura interna.

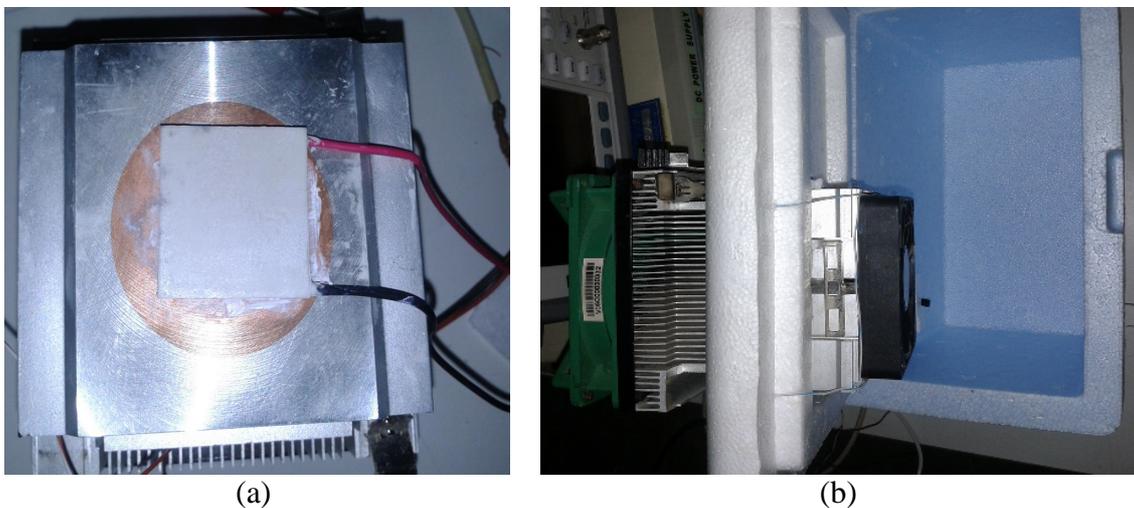


Figura 3 – Fotos do protótipo do sistema térmico com célula Peltier. (a) Célula Peltier utilizada. (b) Montagem do dissipador, do *cooler* e da célula Peltier.

Deve ser ressaltado que na montagem não houve uma preocupação com relação aos cálculos de dimensionamento de carga térmica e nem do dissipador para que houvesse um sistema otimizado, já que o intuito inicial é a montagem do protótipo utilizando os conceitos de sensores e de atuadores, além do condicionamento dos sinais elétricos. Para este dimensionamento, deve-se utilizar a literatura sobre o assunto.

Para o condicionamento dos sinais no projeto, em específico, na saída da placa Arduino, foi elaborado um estágio isolador, ilustrado na Figura 4, já que a corrente fornecida pela saída da placa Arduino é de 40 mA, insuficiente para acionar uma carga. O circuito isolador recebe o pulso da porta de saída da placa Arduino através de um resistor de 10 k Ω (R_1), que está conectado a base do transistor Q_1 , usado como uma chave eletrônica. O diodo em paralelo com a bobina do relé é usado para evitar o aparecimento de altas tensões nos contatos, no momento de sua abertura, o que poderá causar faiscamento excessivo e consequentemente, a queima dos contatos do relé e/ou a queima do transistor Q_1 .

A lógica computacional, implementada através do Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE – *Integrated Development Environment*) do Arduino, baseia-se no controle liga-desliga (*on-off*), mediante a comparação com uma variável que é

incrementada ou decrementada através do acionamento de botões para seleção da temperatura interna do sistema térmico. O programa segue os seguintes passos:

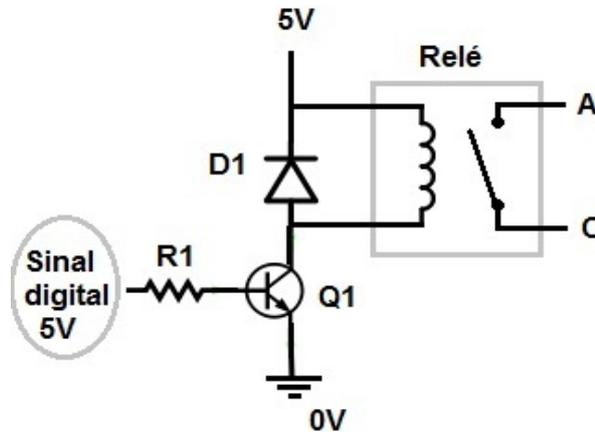


Figura 4 – Estágio isolador para ativação do relé.

- O microcontrolador inicia o sistema, as variáveis e as constantes definidas. De acordo com os parâmetros definidos pelo usuário, ele seleciona o valores de temperatura desejada na mini geladeira;
- Em seguida, é realizada uma leitura dos sensores através da entrada analógica do microcontrolador. Essa leitura é comparada com a variável parametrizada pelo operador;
- De acordo com a comparação dos dados, o Arduino atua ligando ou desligando a célula Peltier. Em paralelo, os dados colhidos pelos sensores, assim como o estado da célula Peltier (ativada ou desativada), são enviados através da porta serial e são apresentados na tela do computador.

Na Tabela 2 é apresentada uma lista dos componentes utilizados para a montagem do protótipo de um sistema térmico com célula Peltier. Para a montagem deste projeto que pode ser considerado de baixo custo, os materiais mais caros ficam por conta da célula Peltier (R\$ 40,00) e da plataforma Arduino Uno (R\$ 70,00), no qual os demais componentes são de baixo custo ou utilizados de reaproveitamento de peças eletrônicas, como no caso dos componentes discretos, o dissipador de calor e o *cooler* de computador.

Com o protótipo finalizado foram realizados alguns testes da medição de temperatura, com uma taxa de aquisição de 2 minutos. Aplicando um degrau de temperatura de 16 graus, foram obtidas as curvas de temperatura de resfriamento em função do tempo apresentada na Figura 5, sem carga e com carga na caixa térmica.

Tabela 2 – Lista de material utilizados na montagem do projeto.

Componentes	Descrição
Microcontrolador	Arduino UNO
Célula Peltier	HTC30-05-8.5
Sensor de Temperatura	LM35
Transistor	BC337
Diodo	1N4007
Resistor	1 k Ω
Relé	JQC-3F (T73)
Led	Verde
Led	Vermelho
Chave táctil	-
Dissipador	-
Cooler de computador	-

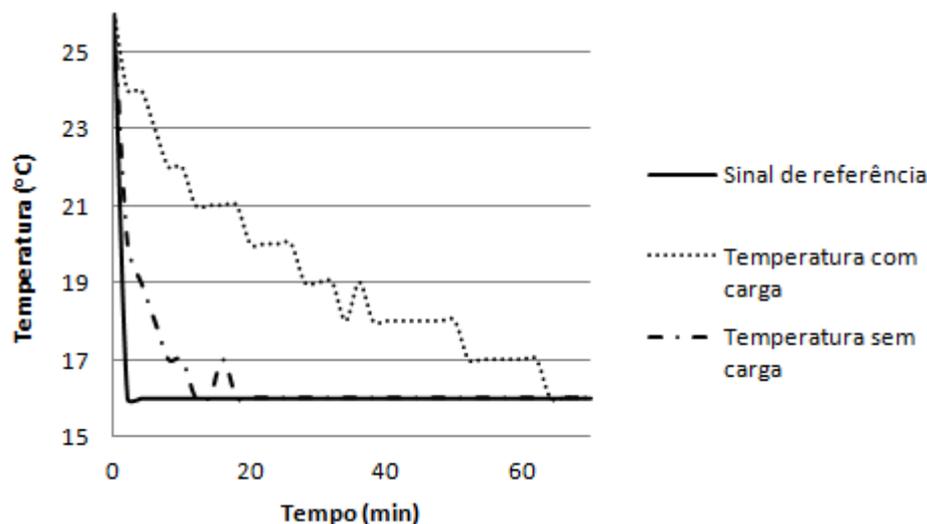


Figura 5 – Curva de resfriamento da caixa térmica sem carga.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia de ensino ABP empregada ajuda na formação de um engenheiro preparado para os problemas encontrados no século XXI, saindo da formação antiga, mais ainda usual, de que o professor é o centro da formação, e não o aluno. Não é consideração dos autores de que deva ser adotada para todas as disciplinas, devendo cada caso ser avaliado para a adoção.

Com relação à parte prática do trabalho proposto neste artigo, apesar do aspecto puramente didático-pedagógico do trabalho apresentado, estão sendo realizados aprimoramentos para aprofundar o uso de células Peltier em sistemas térmicos, no âmbito do IFPB, através de trabalhos de iniciação científica e monografias de final de curso, fazendo com que o grupo de pesquisa LINSICA avance em pesquisas na área.



Como trabalhos futuros, serão implementados algoritmos de controle PID e controle inteligente (lógica *fuzzy* e redes neurais) para o controle da temperatura e um estudo para dimensionamento otimizado de uma caixa térmica, de acordo com a carga térmica e a dimensão da pastilha Peltier existente no LINSICA.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao IFPB pelo apoio na elaboração do projeto e no envio do artigo ao Cobenge 2013.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, I. B. Q. *et al.* Desenvolvimento de um protótipo de automação predial/residencial utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino. Anais: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Cobenge. Belém, UFPA, 2012.

ARDUINO. Disponível em: <<http://arduino.cc/>>. Acesso em maio de 2013.

BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, V. J. Instrumentação e Fundamentos de Medidas, volume 1. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

BARRETO NETO, A. G. S.; LIMA, A. M. N. Projeto do sistema de controle de uma plataforma experimental para caracterização de sensores termoresistivos. Anais: XVI Congresso Brasileiro de Automática, CBA. Salvador, UFBA, 2006.

FERNÁNDEZ-SAMACÁ, L. *et al.* Project-based learning approach for control system courses. Revista Controle & Automação, v.23, n. 01, p. 94-107, jan./fev, 2012.

FRADEN, J. Handbook of Modern Sensors – Physics, Designs, and Applications. New York (United States): Springer, 2003.

FREITAS, R. A. M. M. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. Revista Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 38, n. 02, p. 403-418, abr./jun, 2012.

GOMES, F. J. *et al.* Módulo laboratorial de baixo custo, baseado em FOSS, para educação em engenharia de controle de processos Industriais. Anais: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Cobenge. Blumenau, FURB, 2011.

GOMES, F. J.; SILVEIRA, M. A. Experiências Pedagógicas. In: Enciclopédia de Automática: Controle & Automação – Vol. 1. São Paulo: Blucher, 2007.

MÁXIMO, P. H. M. *et al.* Desenvolvimento de um kit didático para utilização em aulas de laboratório de controle e automação. Anais: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Cobenge. Blumenau, FURB, 2011.

RIBEIRO, L. R. C. UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos. A aprendizagem baseada em problemas (PBL) – Uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores, 2005. 205p, II. Tese (Doutorado).



TEXAS INSTRUMENTS. LM35 Precision centigrade temperature sensors datasheet. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>>. Acesso em abril de 2013.

AN EXAMPLE OF THE USE OF PBL IN THE IFPB ELECTRONIC INSTRUMENTATION SUBJECT - MINI REFRIGERATOR PELTIER CONTROLLED BY ARDUINO

Abstract: *A pedagogical method to increase student interest in engineering courses is the development of prototypes, in which it can put together the theoretical and practical contents of the course, using the Problem-Based Learning (PBL), as teaching methodology. This paper describes the implementation of a thermal system based on Peltier cell in which is using the Arduino electronics prototyping platform for acquisition, processing and control of this system. In the end of project, the student has an integrated and solid vision of many themes discussed during the undergraduate course, since it use concepts of others subjects learned or that has been learned in parallel with the Eletronic Instrumentation subject, in the Electrical Engineering undergraduate course of IFPB.*

Key-words: *Electronic instrumentation, Peltier cell, Arduino, Problem based learning, educational prototype.*