



LABORATÓRIO DIDÁTICO DE AUTOMAÇÃO A BAIXO CUSTO: UMA EXPERIÊNCIA DA ENGENHARIA ELÉTRICA DA UEL

Ruberlei Gaino - rgaino@uel.br

José Fernando Mangili Jr. - mangili@uel.br

Giovani Baratto - gfbaratto@uol.com.br

Lourenço Matias - lmacias@uel.br

Universidade Estadual de Londrina - UEL, Departamento de Engenharia Elétrica
Campus Universitário - Caixa postal 6001
86051-990 - Londrina, PR

***Resumo:** Neste artigo, descreve-se a experiência do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Londrina (UEL), na implementação e uso, para fins didáticos, de um laboratório de ensino em graduação projetado e construído com dispositivos eletro-eletrônicos e mecânicos obtidos da reciclagem de sucatas e da aquisição de equipamentos com parcerias firmadas com empresas. Esta experiência trouxe bons resultados, devido à habilidade que os alunos desenvolvem ao longo da execução do projeto, como a análise e soluções de problemas, evidenciando a aplicação de conhecimento obtido nas disciplinas bem como o uso da criatividade para resolver as integrações interdisciplinares.*

***Palavras-chave:** Laboratório, Reciclagem, Técnicas de Ensino*

1. Introdução

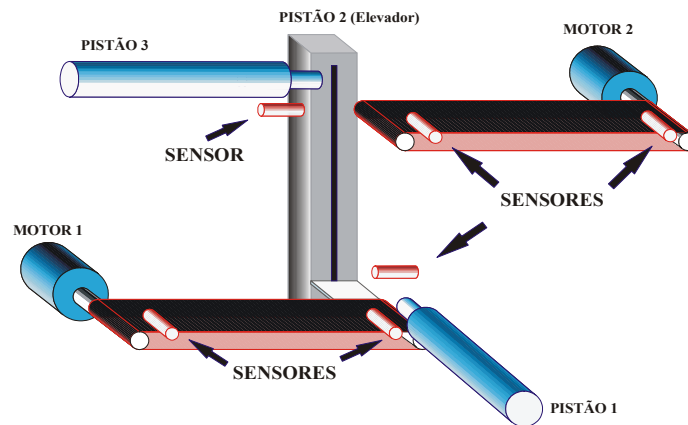
Na implementação do Laboratório foram projetados e confeccionados pelos professores e alunos:

- a) Bancadas específicas para a acomodação dos equipamentos e dispositivos (sem uso de reciclagem, material adquirido).
- b) Braço mecânico de 3 graus de liberdade (totalmente de material reciclado) com acionamento pela porta paralela em linguagem C.
- c) Chaves de partida de motores de indução (totalmente de material reciclado).
- d) Fontes ca/cc para o enrolamento de campo de máquinas de corrente contínua e síncronas (totalmente de material reciclado).
- e) Sistema de automação, concebido com a finalidade de simular uma linha de montagem e, ou, um processo de fabricação (parcialmente de material reciclado, parcialmente de material adquirido e, ou, doado).

2. Sistema Pneumático Simulando uma Célula Flexível

Como exemplo de uma das aplicações listadas acima, NATALE (2000), apresentamos o sistema de automação (o transportador e o manipulador robótico) que contemplou de forma mais abrangente o uso da multidisciplinaridade, lançando mão da necessidade de conhecimentos de mecânica, hidráulica/pneumática, eletrotécnica, eletrônica, linguagem de programação, máquinas elétricas e controle/automação. Este sistema é composto de equipamento pneumático (Rexroth), motores de passo e de corrente contínua (reciclados), acionamento por CLP com linguagem Ladder (Schneider Electric) e sensores (Bosch).

Figura 1 - Esquema do transportador de objetos entre esteiras e elevador, utilizando a automação pneumática, válvulas direcionais elétricas e sensores comandados por um CLP.

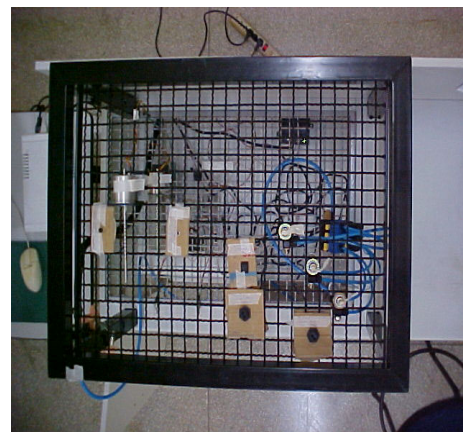


As Figuras 1 e 2 apresentam uma das propostas de montagem (projeto e execução) que foi utilizada neste laboratório. O objetivo deste sistema é levar uma carga, simulando uma linha de produção de um nível para outro mais alto, utilizando duas esteiras acionadas por motores, pistões com haste que deslocam a direção da carga e um pistão sem haste que executa a função do elevador. A realimentação em malha fechada é realizada pelos sensores de presença.

Figura 2 - Transportador de objetos entre esteiras e elevador.



(a)



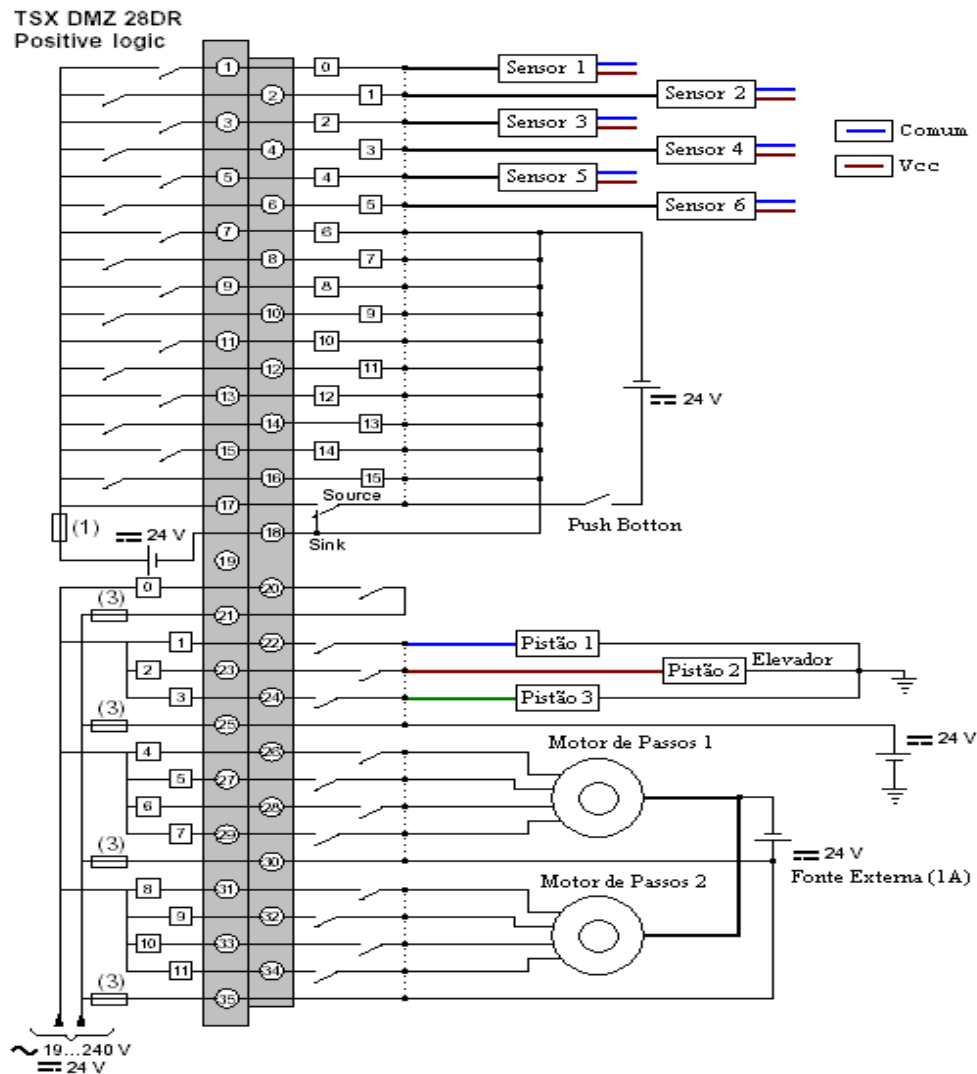
(b)

Para a montagem correta do sistema (Figuras 1 e 2) são necessários vários apoios, vigas e abraçadeiras deslizantes, garantindo que os pistões apenas realizem trabalho em sua direção longitudinal. Essa condição é essencial para garantir uma maior vida útil aos módulos pneumáticos, pois se eles sofrerem forças perpendiculares o sistema de vedação dos mesmos pode sofrer danos irreversíveis.

Para a correta utilização dos motores de passo, JONES (1998), foi necessário o uso de uma fonte de potência externa ao CLP, como em Micro OLCsTSX 37 21/22 - Manual Schneider Eletric, com capacidade de fornecer até 1A de corrente. A fonte interna do próprio CLP foi usada para alimentar os sensores e os módulos pneumáticos.

As ligações feitas entre o CLP e os outros componentes do circuito podem ser vistas na Figura 3.

Figura 3 - Esquema Elétrico do Acionamento



Para esta primeira proposta as etapas envolvidas, resumidamente, foram as seguintes:

- a) Dimensionamento dos Componentes Pneumáticos.
- b) Especificações do Compressor.
- c) Especificações das Válvulas Direcionais.
- d) Cálculo da Força resultante nos Pistões com haste.
- e) Dimensionamento do Cilindro sem haste (elevador).
- f) Cálculo do amortecimento da massa a ser frenada.
- g) Seleção do cilindro; Programação para o acionamento do sistema pneumático (elaborado na linguagem Ladder).
- h) Seleção e utilização de sensores de presença.

3. O Manipulador Robótico

A segunda proposta (projeto e execução) de um braço mecânico, apresentado em SPONG e VIDYASAGAR (1989). O manipulador é acionado por motores de passo e de corrente contínua. Os drivers de potência são habilitados pela porta paralela do PC, NATIONAL SEMICONDUCTOR (1993) e STEWART (1994). O software de controle dos motores foi implementado em Linguagem C. A Figura 4 mostra o projeto do braço mecânico e a Figura 5 apresenta o manipulador já construído e em condições de operação. Estas duas fases do projeto são plataformas de pesquisa para estudos de desempenho de células flexíveis de um SFM (Sistema Flexível de Manufatura).

Figura 4 - Esquema de montagem do manipulador robótico: (a) Apoio e eixo principal, (b) Sistema apoio, eixo principal e eixo secundário.

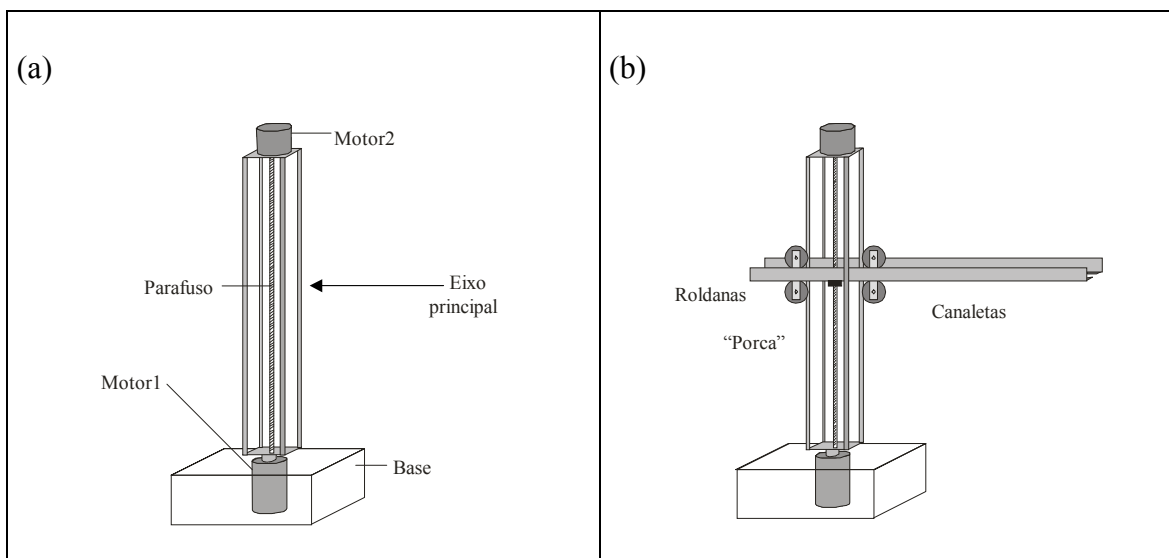


Figura 4 - Esquema de montagem do manipulador robótico: (c) Mecanismo de movimento horizontal da garra, (d) Sistema de captura.

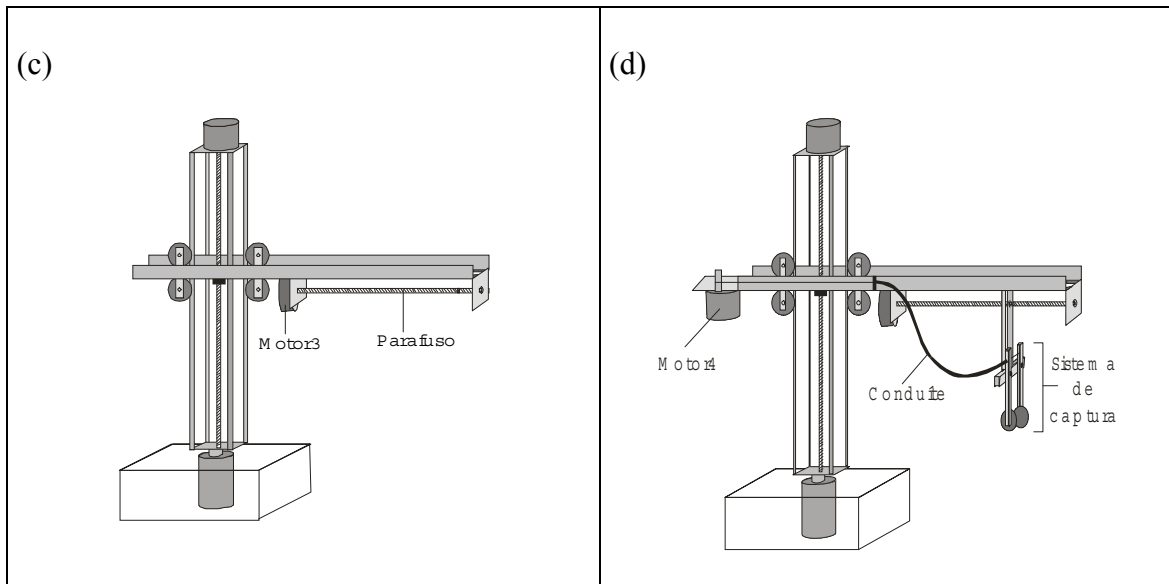
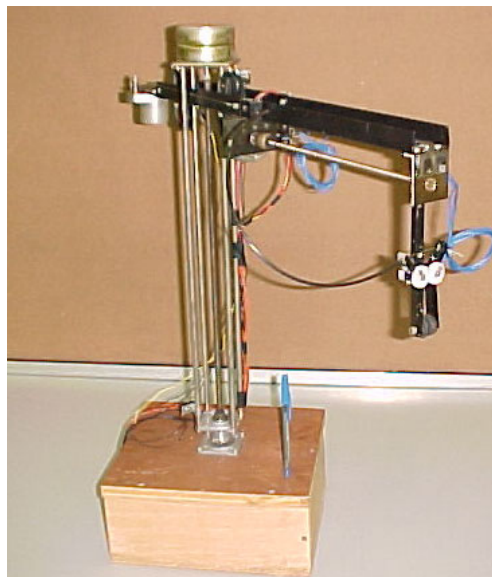


Figura 5 - Montagem final e aspecto do manipulador robótico construído.



O projeto foi realizado com peças obtidas da sucata de impressoras, com adaptações de inúmeras peças.

Os motores escolhidos neste projeto foram: três motores de passo e um motor de corrente contínua. Os motores de passo foram utilizados nos sistemas de movimento e o motor de corrente contínua no sistema de abertura do elemento terminal. A utilização do motor de passo facilita o controle do movimento. O motor de corrente contínua foi utilizado, no acionamento do elemento terminal, pois a sua função é realizada apenas quando o mesmo é alimentado, sem necessitar de um controle de velocidade ou posição.

O desenvolvimento foi dividido em partes: a)apoio e eixo principal, referente à base que faz a rotação do eixo principal e ao eixo que promove o deslocamento vertical do eixo secundário; b)eixo secundário, responsável pelo deslocamento horizontal do sistema de captura; c)sistema de captura, sistema que faz a captura de objetos, “garra”; d)acabamento, instalação de sensores de fim de curso, regulagens, etc.

4. Acionamento e Controle de Máquinas Elétricas com CLP e Lógica de Relés

Para a terceira proposta de execução e projeto as etapas envolvidas, SILVEIRA (1999), resumidamente, foram as seguintes:

- a) Levantamento dos parâmetros mecânicos e elétricos dos componentes e dispositivos reutilizados.
- b) Especificações; cálculo mecânicos e elétricos; estudo de acionamento de máquinas elétricas.
- c) Dimensionamento de peças e componentes; desenvolvimento de lógica para acionamento dos motores.
- d) Estudo de linguagem de programação (Ladder).

A quarta proposta consiste em construir módulos de acionamento para máquinas elétricas de corrente alternada e corrente contínua, comandos e proteções. Embora não tenham sido utilizados em larga escala, nas duas propostas anteriores, também é parte do objetivo deste trabalho.

Foram projetados painéis modulares, onde são inseridos dispositivos de acionamento como chaves para partida direta, estrêla-triângulo, compensadora, além de circuitos de partida e controle de velocidade por inversores de frequência e chave e reguladora de tensão (partida suave). Os componentes e dispositivos necessários para a construção destes módulos foram obtidos da doação de empresas e reutilizados de painéis antigos (descartados pela Universidade). O trabalho desenvolvido pelos alunos foi o de projetar os diagramas de comando e força, especificando os dispositivos de proteção.

A Figura 6 mostra as características das primeiras montagens realizadas para os acionamentos descritos acima, em bancadas de laboratório, como prática das disciplinas de Eletrotécnica/Máquinas Elétricas. Posteriormente as montagens passaram a ser realizadas em módulos (Figura 7) para que fossem utilizadas nas práticas de laboratório.

Figura 6 - Exemplo de acionamento (Y-D) em montagem de testes sem *layout* definido.

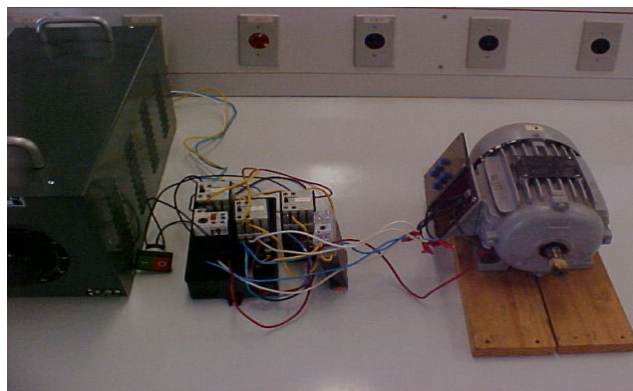
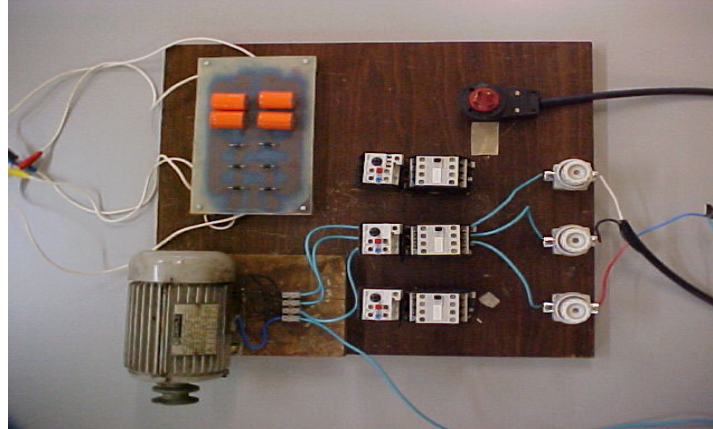


Figura 7 - Exemplo de módulo de acionamento com retificador trifásico, em montagem final com *layout* definido. Com exceção dos fusíveis, todos os componentes são reciclados.



5. Controle de Potência nas Máquinas Elétricas Rotativas com Conversores e Inversores

A quinta proposta de atividade foi o projeto e confecção de pontes retificadoras CA/CC de 1kVA monofásicas para acionamento de máquinas CC (Figura 8) e trifásicas (Figura 7) para o acionamento do inversor de frequência (Figura 9). O sistema de controle do inversor (Figura 9) ainda está em matriz de contatos.

Figura 8 - Exemplo de módulo de acionamento com retificador monofásico, em montagem final com *layout* definido. Todos os componentes são reciclados (diodos, capacitores, placas, terminais e reostatos).

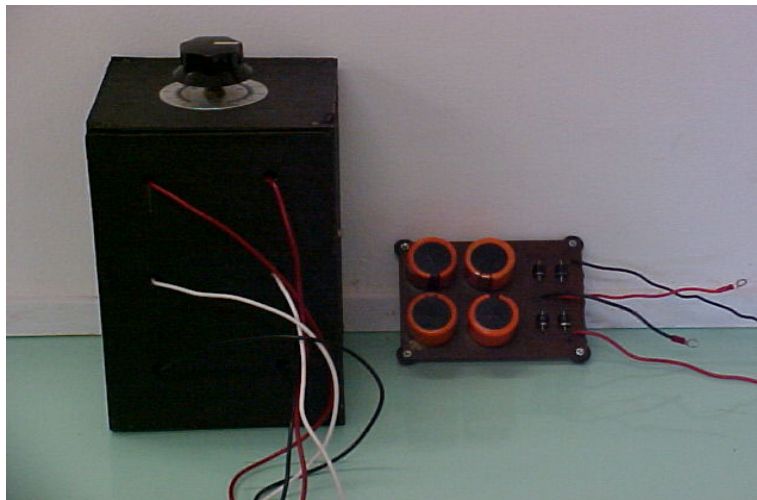
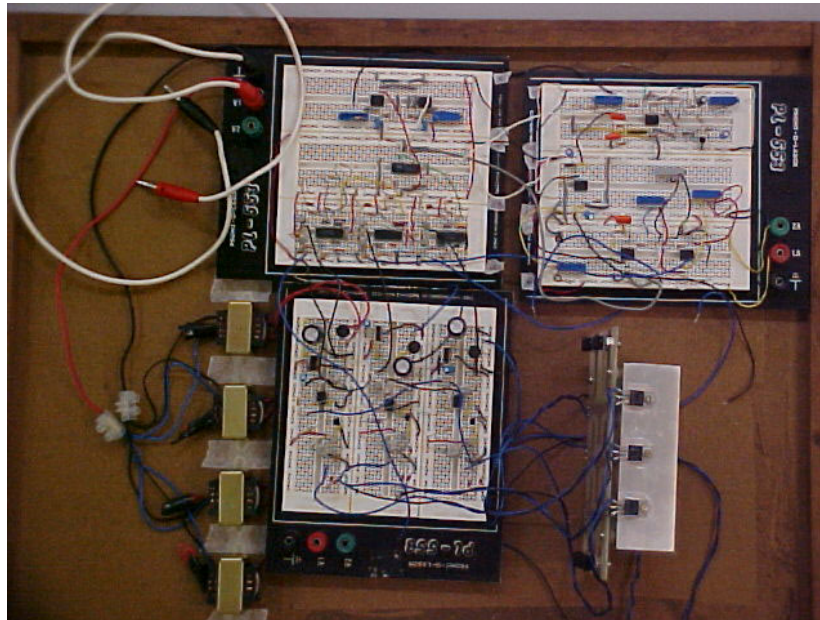


Figura 9 - Exemplo de módulo de acionamento com retificador monofásico, em montagem final com *layout* definido. Todos os componentes são reciclados (diodos, capacitores, placas, terminais e reostatos).



6. O Resultados nas Disciplinas da Metodologia Proposta

Todas as propostas e projetos relatados estão em fase de implantação, já sendo utilizados para fins didáticos em nas aulas de laboratório pelas disciplinas de Eletrotécnica, Máquinas Elétricas/Transformadores e Controle/Automação/Robótica, traçando a relação e interdependência destas cadeiras de conhecimento.

A implementação em laboratório da teoria de Máquinas, MARTIGNONI (1979) e NASAR (1984), mostra aos alunos a conexão existente entre as disciplinas anteriormente relacionadas possibilita que os mesmos tenham uma visão mais ampla da utilização destes equipamentos na indústria.

As disciplinas de Controle, tornaram-se mais atraentes, visto que, os alunos não se utilizando de módulos didáticos, constroem o seu próprio projeto de controle, utilizando técnicas de controle clássico e moderno bem como os novos conceitos de mecatrônica e robótica, CRAIG (1986) e NOGUEIRA (1995).

O resultado principal do uso desta sistemática de trabalho foi a capacidade de propiciar a interatividade e o aprendizado dos conteúdos teóricos ministrados aos alunos.

Como resultado secundário, porém não menos importante, a implementação através de materiais reciclados, de laboratórios de baixo custo cujos valores são de 20 a 25% menores em relação ao valor orçado por empresas do mercado que oferecem, na forma de kits, produtos didático-pedagógicos para as instituições de ensino.



Devemos ressaltar que estas habilidades adquiridas por estes alunos, estão sendo bem recebidas pela comunidade empresarial, visto que hoje, quase todos os alunos do quarto e quinto ano estão realizando estágios na empresas e consultorias da região.

7. Considerações Finais

O aspecto positivo deste trabalho foi percebido ao longo dos anos de 2001/2002 quando as disciplinas citadas anteriormente trabalharam interativamente, gerando uma seqüência de aprendizado que contempla não só o conteúdo mínimo previsto pelas ementas destas disciplinas e como conseqüência as diretrizes curriculares do MEC, mas também propiciando o desenvolvimento e treinamento do graduando em engenharia no que tange aos processos, equipamentos e dispositivos utilizados na prática por pequenas, médias e grandes empresas.

Como conseqüência final desta experiência, pode ser observado um maior rendimento em sala de aula para as turmas envolvidas, maior interesse dos alunos pela área de máquinas, automação e controle e a viabilidade da utilização de laboratórios de baixo custo para ensino de graduação, sem o comprometimento do aprendizado dos conteúdos mínimos e contribuindo para o enriquecimento da formação do Engenheiro Eletricista.

Agradecimentos

Às empresas Schneider Electric e Bosch/RexRoth que através de seus representantes locais, na cidade de Londrina PR, firmaram esta parceria acreditando na viabilidade do projeto, fornecendo equipamentos e dispositivos além de orientação e treinamento para uso dos mesmos. Aos professores de diversas áreas que junto com os esforços de nossos alunos contribuem para melhoria no curso de engenharia elétrica da UEL.

Referência Bibliográfica

CRAIG, J. J.; **Introduction to Robotics – Mechanics & Control**; Addison-Wesley Publishing Company, 1986

DUFFY, J.; **Analysis of Mechanisms and Robot Manipulators**; John Wiley & Sons, Inc., 1980
GROOVER, M. P., WEISS, M., NAGEL, R. N., ODREY, N. G.; **Robótica – Tecnologia e Programação**; McGraw-Hill, 1988

JONES, D. W.; **Control of Stepping Motors, a Tutorial**; Universidade de Iowa, Departamento de Ciências da Computação, 1998

Linha Pneumática Catálogo Geral – Rexroth Mecman.

MARTIGNONI, A.; **Ensaio de Máquinas Elétricas**; Editora Globo, 1979

Micro OLCs TSX 37 21 / 22-Manual Schneider Electric

NASAR, S. A.; **Máquinas Elétricas**; McGraw-Hill do Brasil, 1984

NATALE, F.; **Automação Industrial** – 1ª Edição. São Paulo, Ed. Érica Ltda, 2000.

NATIONAL SEMICONDUCTOR; **Popular Connector Pin Assignments For Data Communication**, 1993



NOGUEIRA, R. G.; **Controle de Posição e Orientação de um Manipulador através de um Mouse Espacial**; Dissertação de Mestrado; UNICAMP, 1995
PEACOK, C.; **Interfacing The Standard Parallel Port**, 1998
SILVEIRA P., SANTOS W.; **Automação e Controle Discreto** – 1ª Edição. São Paulo, Ed Érica, 1999.
SPONG, M. W., VIDYASAGAR, M.; **Robot Dynamics and Control**; John Wiley & Sons, Inc, 1989
STEWART, Z.; IBM Parallel port Faq/Tutorial, 1994

Low Cost Didactic Laboratory of Automation: An Experience of the Electric Engineering at UEL

***Abstract:** The aim of this article is describe the case of implementation and using of a didactic laboratory of automation that was done by the Electric Engeneering course of UEL (State University of Londrina). This Lab was focus on undergraduated courses and projects and it was created by using of electro-electronic and mechanical devices of recycling scrap iron . Acquisition of new equipments also occurred and it was done by partnerships firmmed with leadership companies of automation area.*

Good results were brought due the abilities developed by the undergraduated students (e.g. analysis and solution of problems) during the period of the project implementation. These abilities connected the knowledge acquired in theoretical courses with practical applications as well as the use of creativity to decide the integrations interdisciplinary.

***Key-words:** Laboratory, Recycling, Techniques of Education*