

DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE UMA PLANTA INTEGRADA DE MANUFATURA

Tiago Pereira do Nascimento¹; **Maria Cléa S. de Albuquerque**²; **Eduardo F. de Simas Filho**³

Faculdade de Tecnologia e Ciências - FTC, Departamento de Engenharia Mecatrônica
Av. Luiz Viana Filho, Paralela
Salvador - BA

¹tiagopn@ieee.org, ²malbuquerque.ssa@ftc.br

³ Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia - UNED Simões Filho
Via Universitária, S/N, Pitanguinha
Simões Filho - BA
esimas@cefetba.br

Resumo: Neste trabalho é descrita uma experiência educacional desenvolvida no curso de Engenharia Mecatrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências. Como resultado de um trabalho interdisciplinar realizado pelos alunos, chegou-se à montagem de um protótipo de uma Planta Integrada de Manufatura. O sistema foi dividido em módulos autônomos que foram projetados e confeccionados por grupos de estudantes. Considerando o grau de dificuldade envolvido e as disciplinas da grade curricular, os temas foram designados para cada período do curso. Através da metodologia adotada verificou-se uma aceleração do aprendizado da teoria através de sua aplicação em um trabalho prático e interdisciplinar. As diretrizes fornecidas desafiam e contribuem para o crescimento técnico, pessoal e social dos estudantes.

Palavras-chave: Trabalhos Interdisciplinares, Educação na Engenharia, Sistemas de Manufatura.

1. INTRODUÇÃO

O processo de ensino-aprendizagem em engenharia sofre com problemas como a falta de conexão entre teoria e prática e às excessivas fragmentação e especialização existentes nos projetos pedagógicos (CARVALHO, 1999).

Educação de qualidade na área de engenharia exige um balanceamento adequado dos conteúdos entre as técnicas especializadas e os conhecimentos generalistas (BEREZIN, 2001). É necessário, também, que os conteúdos sejam explorados através de uma ótica interdisciplinar, formando profissionais que possuam uma visão mais ampla dos problemas, capazes de obter soluções que atendam a requisitos globais (ALBUQUERQUE e SIMAS FILHO, 2007).

Neste trabalho será descrita uma experiência pedagógica desenvolvida no curso de Engenharia Mecatrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências (FTC). A Engenharia Mecatrônica é por natureza uma ciência multidisciplinar, onde são utilizados conhecimentos

de eletrônica, mecânica e computação. A integração das três áreas, desenvolvendo um conhecimento interdisciplinar, é essencial para a formação do Engenheiro Mecatrônico.

No Trabalho Interdisciplinar Dirigido (TID), componente curricular da grade de Engenharia Mecatrônica, a construção do protótipo de uma planta integrada de manufatura constituiu o desafio proposto aos alunos. O sistema foi dividido em módulos autônomos que foram projetados e confeccionados por estudantes do primeiro ao oitavo semestres. Um dos requisitos principais era de que cada subsistema deveria ser capaz de operar de forma independente, no entanto, a integração entre os demais modelos deveria ser contemplada no projeto, como um todo.

Organizados em grupos, os alunos trabalharam dentro do eixo temático a proposta referente a cada semestre, buscando pró-ativamente orientação dos professores para desenvolvimento do projeto.

O desenvolvimento dos TID envolve diversas áreas da engenharia e das ciências exatas. São utilizados conhecimentos sobre planejamento, mecânica, sensores, eletrônica embarcada, programação, inteligência artificial e resistência dos materiais, integrados num protótipo que deve ser robusto e eficiente.

A experiência proposta cria um elo entre os conhecimentos adquiridos nas disciplinas teóricas e suas aplicações. A prática adquirida no projeto e construção dos protótipos é uma ferramenta que pode ser explorada pelos educadores como auxílio ao desenvolvimento da competência almejada (BUSHNELL e CRICK, 2003).

Alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos recentemente (ZHANG, 2006; ZHANG, 2007) visando o desenvolvimento de plataformas experimentais para o ensino da robótica, porém na maioria dos casos, são utilizados módulos comprados quase prontos. Na experiência proposta, todo o sistema foi desenvolvido pelos alunos do curso, sob orientação do corpo docente, minimizando os custos e maximizando o aprendizado dos alunos.

2. O TRABALHO INTERDISCIPLINAR

2.1 Objetivo global – manufatura integrada por computador

A automação do processo produtivo tem conseguido benefícios para empresas e operários, aumentando a produtividade e diminuindo os acidentes de trabalho. A utilização de sistemas otimizados de controle e movimentação pode reduzir os custos de manutenção, sem contabilizar a redução das paradas não programadas.

As plantas de manufatura apresentam grande diversidade de aplicações (indústrias automotiva, calçadista, etc.) e sofisticação nas soluções utilizadas para sua automatização. Atualmente, visando economia de recursos e velocidade de produção, foram desenvolvidos sistemas de fabricação flexíveis, que permitem a confecção de produtos diferentes utilizando o mesmo espaço físico e compartilhando o maquinário disponível.

Como tema do Trabalho Interdisciplinar Dirigido foi proposta a construção de um Centro Integrado de Manufatura (CIM). A planta do CIM é altamente automatizada, incorporando técnicas de controle, robótica, eletrônica e processamento de sinais. Neste pode-se ser identificar células robóticas que desempenham funções como: transporte, inspeção, seleção, fabricação, estocagem, etc.

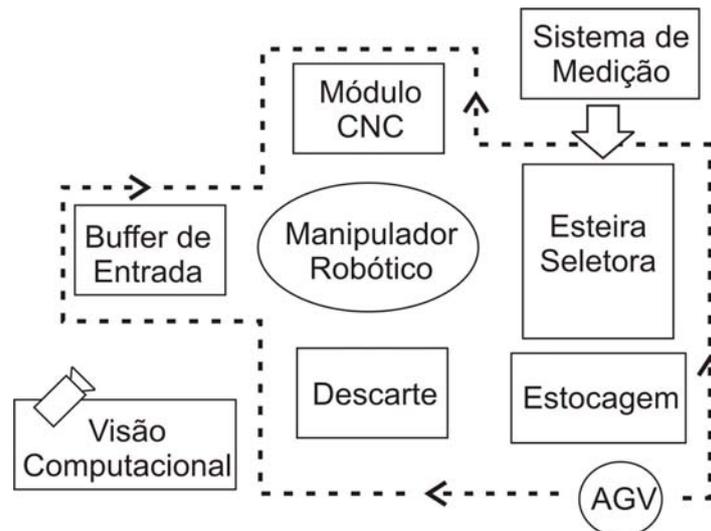


Figura 1 – Diagrama CIM proposto para o TID.

Conforme ilustrado na Figura 1, o CIM proposto era composto de oito módulos que deveriam funcionar tanto de modo independente, como integrados. As equipes de cada semestre tornaram-se responsáveis pelo projeto e construção de cada um dos subsistemas.

O processo de condução dos trabalhos variou de acordo com o semestre de estudo dos alunos: Ciclo básico: 1º ao 4º semestres - Para estes semestres é ofertada a disciplina TID, com carga horária igual a 60 horas, sendo 20 h em atividades presenciais e 40 horas, em atividades dirigidas. O docente responsável deve acompanhar o desenvolvimento das atividades, orientar os alunos e avaliar o resultado do projeto. Os alunos são divididos em equipes de no máximo 8 componentes.

Ciclo profissionalizante: 5º ao 8º semestres - Durante o ciclo profissionalizante não há mais a disciplina TID, os trabalhos são avaliados e orientados pelo corpo de professores do semestre. As notas obtidas são utilizadas como avaliação parcial de cada disciplina. Para cada período é designado um professor gestor do projeto, que deve realizar a interface entre os alunos e o corpo docente, sendo responsável pelo acompanhamento dos trabalhos. O número máximo de componentes em cada equipe é reduzido para 4. Os estudantes do 9º e 10º semestres não participam do Trabalho Interdisciplinar Dirigido por estarem dedicados à elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso.

A instituição, em contrapartida, fornece aos alunos sua estrutura de laboratórios para o projeto e construção dos protótipos. Em casos específicos, auxílio financeiro pode ser concedido às equipes para apresentação dos resultados dos trabalhos em eventos de caráter científico.

A seguir são descritos os objetivos específicos para cada semestre do curso, bem como as formas de avaliação e divulgação dos resultados obtidos.

2.2 Divisão dos objetivos por semestre do curso

As atividades a serem desenvolvidas pelos alunos de cada período foram distribuídas considerando um crescente grau de complexidade e a conexão com as disciplinas cursadas ou em curso.

Os estudantes do primeiro ao terceiro semestres, por não apresentarem conhecimentos acadêmicos suficientes para elaboração dos projetos técnicos, receberam da banca coordenadora do TID as especificações necessárias para a elaboração do trabalho. No primeiro período o objetivo era a confecção de um dispositivo para inserção da matéria prima (buffer de entrada) para a confecção das peças de xadrez. Neste dispositivo os alunos deverão

confeccionar uma placa eletrônica de comunicação entre computadores pessoais (PC) e dispositivos como sensores e atuadores. Houve a necessidade da construção de um protótipo mecânico para a demonstração dos efeitos gerados pelos atuadores e sensores num dispositivo mecatrônico através da etapa de simulação conforme conhecimentos de Introdução à Engenharia. Fez-se necessário também a elaboração de um programa (preferencialmente em linguagem C) capaz de realizar a interface entre a placa de comunicação e o PC. Os conteúdos de disciplinas, como Introdução à Computação, Introdução à Engenharia e Química Geral foram exploradas no desenvolvimento dos trabalhos.

Para o segundo semestre o objetivo foi a construção de esteiras para transporte de materiais entre os diversos módulos de produção. As esteiras deveriam ser capazes de realizar o descarte de peças para mais de um local de armazenamento, a depender da análise de qualidade a ser feita em outro sub-sistema da planta CIM. O layout e a especificação de componentes para a confecção da placa eletrônica de comunicação e acionamento dos motores e atuadores foram fornecidos pela banca do TID. A confecção do protótipo e a programação necessária para controle do sistema consistiram em tarefas realizadas pelos alunos. As características construtivas do protótipo foram detalhadas através uma ferramenta computacional de desenho.

Um sistema automático para estocagem de peças foi o tema proposto para as equipes do terceiro semestre. A partir deste período não foi feita nenhuma especificação para o trabalho, que deveria ser conduzido exclusivamente pelos alunos. O projeto e a confecção do protótipo exigiram conhecimentos de Mecânica, Física, Materiais de Engenharia e Desenho Técnico, disciplinas da grade deste semestre, além de conhecimentos de Eletrônica e Circuitos Elétricos, cujos conteúdos são vistos em períodos posteriores, mas que se tornaram necessários para o trabalho.

Com o objetivo de realizar um monitoramento do CIM, protegendo-o contra intrusos e falhas no processo de produção, o quarto semestre ficou responsável pelo desenvolvimento de um sistema com câmeras de vídeo rotativas, juntamente com o software de captura de vídeo.

O tema do Trabalho Interdisciplinar Dirigido que foi proposto para o quinto semestre foi o desenvolvimento de um sistema automatizado para inspeção e controle de qualidade. Conforme diagrama esquemático da Figura 2, os diferentes tipos de peças foram dispostos na linha de produção e, para cada um deles, foi associada uma forma de processamento diferente. A planta deveria funcionar sem a necessidade de atuação do operador. O sistema poderia funcionar a partir da aquisição de imagem (Cravo, 2005) ou de outra informação relevante.

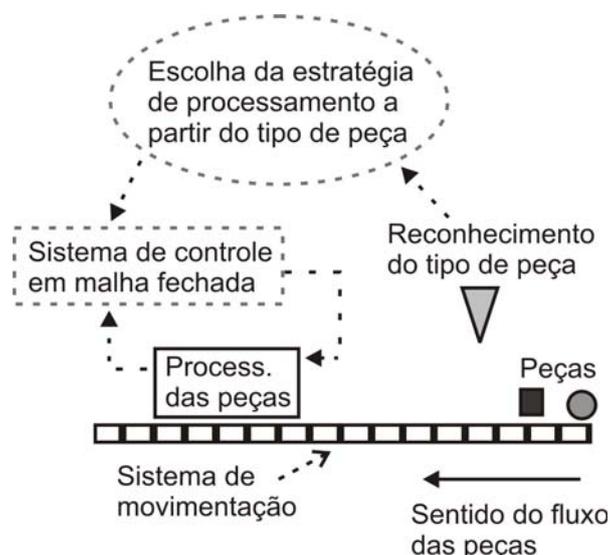


Figura 2 – Exemplo de Identificação de Peças.

Ao sexto semestre foi designada a tarefa de desenvolver um veículo guiado automaticamente (Automatic Guided Vehicle - AGV), para o transporte de peças e insumos entre módulos de processamento. A base robótica móvel desenvolvida destina-se ao uso em ambiente estruturado, sendo capaz de navegar de forma autônoma, seguindo trajetórias pré-definidas. Conhecimentos adquiridos nas disciplinas de controle, acionamento de máquinas, circuitos elétricos e eletrônica foram fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

Uma estação de processamento acionada por comando numérico foi o trabalho desenvolvido no sétimo período. A máquina (fresadora) deveria ter movimentação em três eixos e ser projetada visando o trabalho em peças de xadrez.

Na atualidade há um uso crescente de robôs manipuladores em muitas aplicações que requerem movimentos repetitivos e precisos. Numa planta CIM, o robô manipulador é de fundamental importância no transporte de peças. Considerando o exposto, o tema designado para o oitavo semestre foi a construção de um braço robótico com cinco graus de liberdade, capaz de manipular peças pequenas e leves com elevada precisão no deslocamento.

Nesse semestre o estudante já passou por grande parte das disciplinas do curso. A aplicação de todo o conhecimento possibilita um maior grau de sofisticação das soluções obtidas e autonomia na condução do projeto, quando comparado aos alunos dos períodos anteriores.

2.3 O processo de avaliação e divulgação dos resultados

O processo de avaliação do TID é composto por quatro notas, a saber:

- Avaliação escrita do anteprojeto (que inclui fundamentação teórica e desenvolvimento inicial do projeto) pela banca avaliadora, formada pela comissão de professores do TID;
- Avaliação escrita do relatório final pela banca;
- Avaliação oral do projeto em sala de aula pelo professor do TID;
- Avaliação oral e desempenho da equipe na Feira de Tecnologia promovida pela Coordenação do curso onde os alunos são avaliados pelos professores do respectivo semestre.

Os trabalhos foram apresentados em uma Feira Tecnológica, organizada nas dependências da Instituição e aberta ao público em geral. Os resultados foram apresentados em formato pôster e os protótipos construídos ficaram disponíveis para demonstrações durante o evento.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visando o atendimento dos requisitos exigidos, os alunos desenvolveram seus projetos, contando, sempre que necessário, com o apoio dos professores do curso.

Avaliações de acompanhamento foram realizadas durante o semestre para verificar o andamento do trabalho de cada equipe e, quando necessário, sugestões de modificações no projeto ou em sua condução, eram fornecidas.

A maioria das equipes logrou êxito na montagem e funcionamento dos protótipos durante a apresentação na Feira de Tecnologia.

Considerando a proposta da divisão dos temas para as equipes de cada semestre, são apresentadas nas Figuras abaixo, fotografias dos protótipos desenvolvidos pelas equipes do primeiro, terceiro, quarto, quinto e oitavo semestres. O sistema inserção de matéria prima através da aquisição e envio de dados e comunicação com um PC através da porta paralela desenvolvido por uma equipe do primeiro semestre é mostrado na Figura 3. A Figura 4 mostra

o sistema automático para estocagem de peças desenvolvido por uma equipe do terceiro semestre. O protótipo construído utilizava três motores de passo para efetuar deslocamentos em duas dimensões e realizar retirada/colocação da peça no local apropriado. O controle do sistema foi implementado em um computador.

O sistema de visão computacional desenvolvido por alunos do quarto semestre, juntamente com o módulo de verificação da qualidade, proposto por uma equipe do quinto semestre são mostrados na Figura 5 (respectivamente do lado esquerdo e direito). Neste projeto do quinto período o sistema de medição utilizava um conjunto de sensores óticos para avaliar a qualidade das peças produzidas pelo módulo CNC.



Figura 3 – Sistema inserção de matéria prima (buffer de entrada) desenvolvido por alunos do primeiro semestre.

Os alunos do oitavo semestre desenvolveram protótipos de manipuladores robóticos com cinco graus de liberdade. Diversos tipos de materiais foram utilizados para compor a estrutura de sustentação dos robôs. No protótipo mostrado na Figura 6 o manipulador foi construído com madeira. A estrutura leve e robusta permitiu o uso de motores de menor potência proporcionando economia de energia.

Juntamente com os protótipos, as equipes entregaram um relatório escrito documentando a fundamentação teórica e os passos desenvolvidos durante o projeto e a confecção do trabalho.

Considerando aspectos pedagógicos, os alunos foram submetidos a uma experiência de trabalho em grupo onde o objetivo era o cumprimento de especificações de projeto atendendo a prazos previamente estabelecidos, condições semelhantes àquelas comumente encontradas no exercício da profissão.

O incentivo à pesquisa, à busca de soluções e aos trabalhos práticos de prototipagem e programação torna essa experiência pedagógica bastante enriquecedora para os alunos participantes.

A exploração de características interdisciplinares (Nogueira, 1998; Mittelstrass, 1993) dentro dos trabalhos propostos para cada semestre produz uma conexão mais forte entre os diversos eixos temáticos do curso de engenharia mecânica (eletroeletrônica, computação e mecânica). Muitas vezes, são necessários conteúdos ainda não estudados no período em questão e que, em alguns casos, não são contemplados no programa de disciplinas futuras do curso, incentivando os alunos à busca pró-ativa de conhecimentos.



Figura 4 – Módulo de estocagem automática (terceiro semestre).



Figura 5 – Sistemas de visão computacional (esquerda) e medição de qualidade (direita).

Atualmente, o mercado de trabalho tem, cada vez mais, buscado pessoas com um perfil diferenciado, que possuam uma visão mais ampla dos problemas, capazes de enxergar por uma ótica interdisciplinar e obter uma solução que atenda a requisitos globais. Considerando

essas exigências, os alunos que participaram do TID receberam estímulos e condições para desenvolver estas habilidades.

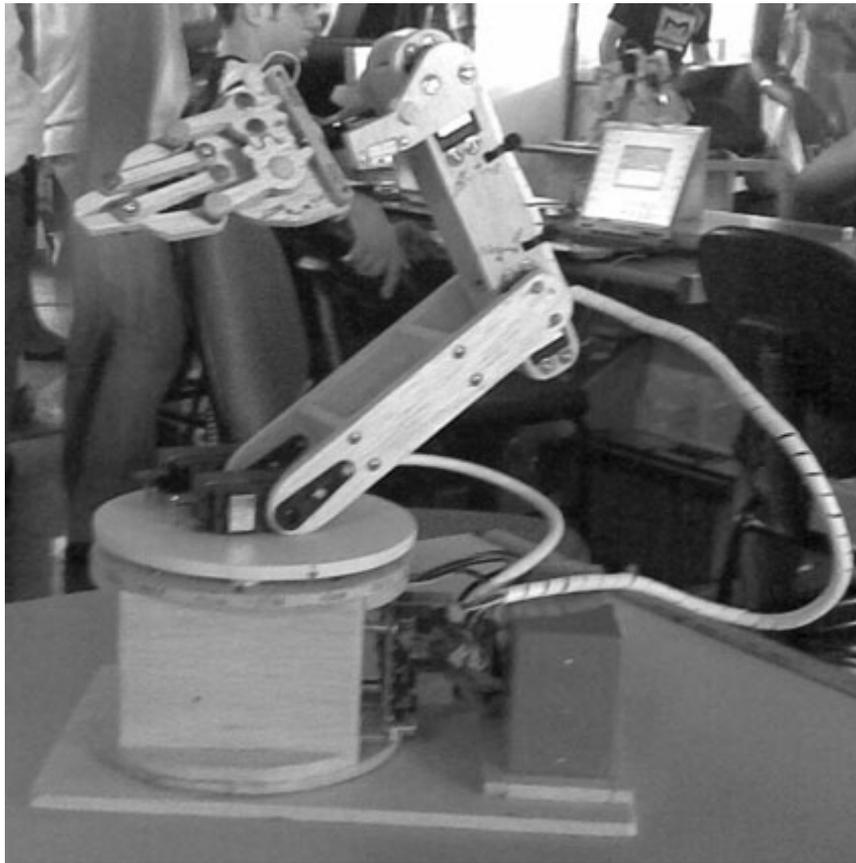


Figura 6 – Manipulador robótico com cinco graus de liberdade desenvolvido por alunos do oitavo semestre.

No desenvolvimento dos módulos do Centro Integrado de Manufatura os alunos fortaleceram a conexão da teoria com a prática e a integração dos conteúdos dos eixos temáticos da engenharia mecatrônica. Protótipos funcionais dos diversos subsistemas foram projetados, desenvolvidos e testados pelas equipes. O trabalho interdisciplinar dirigido proporciona também uma maior integração entre os corpos discente e docente, que se unem num objetivo comum.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a todos os professores e alunos da FTC envolvidos na condução dos Trabalhos Interdisciplinares e em especial à Coordenação de Engenharia Mecatrônica pela disponibilização das fotografias e informações utilizadas na confecção deste artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, M. C. S.; SIMAS FILHO, E. F. Experiência Interdisciplinar No Ensino De Engenharia Mecatrônica. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE07), 2007, Curitiba-PR. **Anais**.

BEREZIN, A. A. Interdisciplinary Integration in Engineering Education. In: PROCEEDINGS OF THE 27TH ANNUAL CONFERENCE OF THE IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY, 2001.

BUSHNELL, L. G e CRICK, A. P. Control Education via Autonomous Robotics. PROCEEDINGS OF THE IEEE CONFERENCE ON DECISION AND CONTROL, Maui, Hawaii, USA, 2003. pp. 3011-3017.

CARVALHO, F. C. A.; CASTRO, J. E. E.; ROCHA JR, W. F.; BODINI, V. L.; CARVALHO, T. C. A. A Interdisciplinaridade no Ensino De Engenharia, A Internet Como Ferramenta. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE99), 1999, Natal – RN. **Anais**.

CRAVO, E. Sistema de Inspeção e Controle de Qualidade com Uso de Visão Artificial. **Revista Mecatrônica Atual**, No 21, Abril-Maio, 2005.

MITTELSTRASS, J. Unity and Transdisciplinarity. **Interdisciplinary Science Reviews**, 18, 153-157, 1993.

NOGUEIRA, N. R. **Interdisciplinaridade Aplicada**. Ed. Érica, São Paulo, 1998.

ZHANG, H., BAIER, T., ZHANG, J., WANG, W., Li, D., ZONG, G. Building and Understanding Robotics, a Practical Course for Different Levels Education. Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Biometrics. December, 2006, Kunming, China.

ZHANG, H., ZHENG, W., CHEN, S., WANG, W., ZONG, G. Flexible Educational Robotic System for a Practical Course. Proceedings of the IEEE International Conference on Integration Technology, 2007, Shenzhen, China.

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED MANUFACTURING PLANT PROTOTYPE

Abstract: *This work describes an educational experience that took place in the Mechatronics Engineering course at the Faculdade de Tecnologia e Ciências. As a result of an interdisciplinary work carried out by the students, an Integrated Manufacturing Plant was mounted. The system was split into autonomous modules that were projected and confectioned by groups of students. Considering the difficulty levels and the subjects studied in each period of the course, the themes were assigned to the appropriated period. Using the applied methodology was verified learning rates increase through the application of theoretical knowledge into practical and interdisciplinary problems. The provided specifications contribute to students' personal, technical and social growth.*

Key-words: *Interdisciplinary Work, Education in Engineering, Mecathronic Products*