

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS: INSTRUMENTO DE MOTIVAÇÃO E LIGAÇÃO DAS DISCIPLINAS DO CURSO DE ENGENHARIA ¹

Paulo César da Costa PINHEIRO - pinheiro@dedalus.lcc.ufmg.br
Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG
Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901 Belo Horizonte, MG

Resumo. *Os estudantes muitas vezes se sentem desmotivados, pelo fato de não conseguirem visualizar como aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso na função de engenheiro, para o qual eles estão sendo formados. Eles vão cursando disciplinas, cuja única aplicação prática é a resolução de problemas teóricos. A aplicação deste conhecimentos torna-se virtual, e a união teoria-prática não é realizada, e as dificuldades da prática de engenharia não aparecem. O desenvolvimento de protótipos desde as disciplinas iniciais do curso de engenharia mecânica, permite que o estudante conheça desde cedo a metodologia de desenvolvimento de projetos de engenharia, permite a criação de uma visão global e interdisciplinar do curso, estimula a curiosidade científica e torna-se um poderoso incentivo ao estudante. Este trabalho apresenta e propõe o uso da metodologia de desenvolvimento e construção de protótipos, como um instrumento de ligação das diversas disciplinas do curso de engenharia e instrumento de motivação para o estudantes.*

Palavras Chaves: *Ensino Engenharia, Protótipos, Sistemas Térmicos, Metodologia de ensino*

1. INTRODUÇÃO

"Eu escutei e me esqueci; Eu vi e eu me lembrei; Eu fiz e aí eu entendi!"
Confúcio (551-479 AC)

A disciplina Sistemas Térmicos I (EMA003), é a primeira disciplina do ciclo profissionalizante (7º período) do curso de Engenharia Mecânica da UFMG, e tem como pré-requisitos Transmissão de Calor e Massa (EMA009) e Termodinâmica (EMA001). Ela tem como objetivos gerais ensinar os conceitos fundamentais de Sistemas Térmicos de Engenharia, familiarizando o aluno com os equipamentos térmicos de aquecimento industrial (trocadores de calor, distribuição de vapor, caldeiras, sistemas auxiliares da caldeiras), capacitando-o a selecionar, inspecionar, projetar e instalar estes equipamentos (Koury, 1994).

Tabela 1. Ementa da Disciplina Sistemas Térmicos I (EMA003)

Combustão: combustíveis sólidos, líquidos e gasosos. Cálculo estequiométrico: volume de ar e de gases. Mecanismos da combustão. Temperatura de chama. Queimadores. Geradores de vapor: tipos e características. Usos de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos. Caldeiras aquatubulares e piro-tubulares. Superaquecedores. Aquecedores de água e de ar. Alimentação de água. Tiragem de gases. Estrutura e acessórios. Manuseio dos combustíveis e das cinzas. Controle da poluição. Seleção. Especificação. Inspeção. Manutenção. Trocadores de calor: descrição, classificação, cálculo e dimensionamento térmico e fluidodinâmico.
--

¹ PINHEIRO Paulo César da Costa. Desenvolvimento de Protótipos: Instrumento de Motivação e Ligação das Disciplinas do Curso de Engenharia. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE-2000), 29 Outubro - 1 Novembro 2000, Ouro Preto, MG, *Anais...* Ouro Preto: ABENGE, Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, 2000 (CD-ROM).

Tradicionalmente esta disciplina era ministrada da forma clássica, aulas teóricas e expositivas, intercaladas com aulas de resolução de exercícios, práticas e visitas. A avaliação era realizada por provas, listas de exercícios e trabalhos práticos.

2. UMA MUDANÇA DE PARADIGMA

No ensino tradicional, a maioria os alunos de engenharia encontra-se passiva em sala de aula, esperando passivamente que o conhecimento chegue até eles da forma mais indolor possível. Se o aluno não consegue acompanhar a aula, muitas vezes o professor reduz a informação para uma forma mais simples para que ele possa entender. Na medida que se reduz o nível da informação, a qualidade de ensino e o conteúdo diminuem.

Um dos grandes desafios do ensino de engenharia, é promover o desenvolvimento global (holístico) do indivíduo através do desencadeamento de todas as suas potencialidades. Fazer melhores estudantes, não só em sala de aula, mas também na vida pessoal. Para tal é necessário encontrar mecanismos de motivação e incentivo aos alunos, engajar os estudantes no processo de aprendizado, encorajar os estudantes a estudar e inicia-los no caminho da sua própria responsabilidade de aprender.

Existe uma diferença entre o que é normal e a média. O fato da maioria dos alunos querer passar sem estudar é média estatística. O normal é o trabalho árduo de aprendizagem, e a média não deve servir de padrão. É necessário definir os objetivos "Normais", e trabalhar duro para atingi-los. A melhoria do ensino de engenharia está ligada na mudança da mentalidade, no aprofundamento do conteúdo, e de um maior compromisso dos alunos com o aprendizado.

O aprendizado é uma experiência pessoal. Ninguém pode aprender para outro, cada um deve aprender para si próprio. Não existe aprendizagem por "osmose". O estudante deve tomar consciência de que é o seu aprendizado, o aspecto mais importante do curso, não o ensino. É necessário quebrar a estrutura paternalista e a visão imediatista (vestibular) existente no ensino de 2º grau, engajando os alunos no compromisso de estudar e aprender e conduzindo-os caminhar por conta própria.

O aprendizado deve ser uma experiência divertida, excitante e contínua. O papel do professor é ensinar a aprender. Suas principais funções são:

- a) Estimular a busca de aprendizado dos seus alunos;
- b) Apresentar os fundamentos de uma forma organizada, de modo a proporcionar uma visão geral do assunto, de modo a direcionar os alunos para um estudo e pesquisa subsequente;
- c) Direcionar o aprendizado dos seus alunos, de modo a torna-los os melhores profissionais.

Tendo em vista esta visão, buscou-se na disciplina Sistemas Térmicos I um novo modelo educacional, onde os alunos estivessem mais engajados no processo de aprendizado, e uma maior interação entre a teoria e a prática. Novos planos de aula foram desenvolvidos, de modo a incorporar diferentes estilos e níveis de aprendizados. Uma atenção especial foi dada para relacionar a informação apresentada em sala de aula com a realidade dos projetos e prática de engenharia.

Os engenheiros são valorizados por sua habilidade de resolver problemas. É de grande importância para a educação e sucesso profissional, o aprendizado da metodologia de resolução

de problemas. A técnica dos procedimentos básicos de resolução de problemas é apresentada, e os alunos são convidados a começar a utilizar esta técnica imediatamente em classe. À medida que se pratica este método, a sua capacidade de resolver problemas aumenta gradativamente, e logo eles são capazes de atacar problemas de balanço de energia e massa com grande auto-confiança.

O programa do curso foi dividido em 5 unidades básicas:

- Princípios de cálculo e seleção de trocadores de calor;
- Princípios da estequiometria e energética da combustão industrial;
- Princípios de funcionamento e cálculo de caldeiras e fornos;
- Princípios da utilização racional da energia em fornos e caldeiras;
- Princípios de proteção ambiental.

Para ser aprovado nesta disciplina, o aluno deve ser capaz de:

1. Compreender as considerações de projeto dos diferentes tipos de trocadores de calor. Ser capaz de explicar e aplicar os métodos DMTL e NUT para a análise de trocadores de Calor. Resolver os problemas de trocador de calor.
2. Resolver os problemas de estequiometria da combustão, tanto em função do excesso de ar quando da análise dos produtos da combustão. Ser capaz de aplicar os conceitos de estequiometria da combustão na solução de problemas de engenharia.
3. Realizar o balanço térmico de trocadores de calor, caldeiras e fornos pelos métodos direto e indireto, analisando as perdas térmicas e propondo soluções técnicas.
4. Demonstrar um conhecimento dos conceitos apresentados e resolver os problemas utilizando as várias correlações. Ser capaz de aplicar os conhecimentos adquiridos nos cálculos de engenharia.

Os objetivos acadêmicos do curso foram desenvolvidos de modo a envolver os diversos níveis de aprendizado conforme a Taxonomia de Bloom (entre parênteses):

1. Os estudantes deverão conhecer os princípios básicos dos Sistemas Térmicos (Memória, Compreensão)
2. Os estudantes deverão ser capazes de examinar e selecionar os dados pertinentes, e resolver os problemas de Sistemas Térmicos propostos. (Aplicação, Análise, Síntese)
3. Os estudantes deverão ser capazes de selecionar e aplicar métodos de resolução de problemas, por exemplo, escolher entre técnicas de solução analíticas ou numéricas. (Síntese, avaliação)
4. Os estudantes deverão ser capazes de analisar as aplicações importantes dos Sistemas Térmicos nos processos industriais. (Memória, Compreensão)
5. Os estudantes deverão ser capazes de avaliar suas próprias soluções de problemas (e as dos outros), de modo a encontrar erros e corrigi-los. (Avaliação)
6. Os estudantes deverão ser capazes de aplicar um questionamento crítico durante os trabalhos de modo a resolver os problemas, incluindo as questões abertas. (Análise, Síntese)
7. Os estudantes deverão ser capazes de assessorar seus respectivos grupos de trabalho, de modo a melhorar os resultados a serem alcançados. (Avaliação)
8. Os estudantes deverão ser capazes de descrever de forma escrita e oral, todos os conceitos inerentes nos objetivos acima.

3. O DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS COMO PRÁTICA DE ENGENHARIA

Para colocar os estudantes na situação de aprendizagem, eles devem ser engajados no questionamento, e para isto, as boas questões são muito mais efetivas que as boas respostas. Para encorajar os estudantes a questionar e encontrar respostas por si próprios, foi introduzido a construção de protótipos de equipamentos térmicos (1 por semestre), na disciplina Sistemas Térmicos I. Assim, é proposto aos alunos o projeto do protótipo de um equipamento térmico, que deve ser projetado, construído e testado.

O projeto tem como pedagógico capacitar os alunos para o trabalho em equipe, aplicando seus métodos e técnicas, relacionado a teoria com a prática na atividade do projeto. Os alunos são divididos em grupos (times) de 4 ou 5 estudantes (auto escolha, mas sujeito ao veto do professor). O grupo deve funcionar como uma unidade autônoma de projeto, e são estabelecidos os papéis de Líder do Grupo, Especialista Técnico e Assessor.

A todos os grupos é solicitado o desenvolvimento de um protótipo (a cada semestre um protótipo diferente). Tal como na realidade, o cliente do projeto (no caso o professor), apresenta somente as condições básicas do projeto solicitado. Exemplos:

Dimensionar (projeto térmico), fazer projeto mecânico (desenhos cotados), listar os materiais, orçar, comprar, montar, testar, analisar e apresentar a memória de cálculo de:

- 1 - Um trocador de calor de tubos concêntricos tipo grampo de comprimento total 1m.
- 2 - Uma choppeira.
- 3 - Um gerador de vapor a GLP, capaz de gerar 1kg/hr de vapor de água saturado.
- 4 - Um alambique capaz de destilar 5 litros de mosto.
- 5 - Um fogão solar capaz de cozinhar 0,10kg de arroz em 1 hora.
- 6 - Um aquecedor de ambiente (dissipação por convecção natural), de potência mínima 450W, dimensões máximas 20x30x50cm e que não tenha nenhum ponto de acesso a uma temperatura superior a 80°C.
- 7 - Um condicionador de ar doméstico a partir da fusão de gelo (mínimo 3kg gelo/hr).
- 8 - Um coletor solar de 2 m² de área de absorção de calor.

Os únicos dados dos projetos solicitados são os apresentados acima. É de atribuição dos grupos, levantar todos os dados necessários para o desenvolvimento do projeto. Espera-se que os alunos encontrem na literatura técnica, ou em pesquisas em fabricantes ou profissionais da área as informações necessárias.

Nos primeiros trabalhos propostos, a apresentação dos relatórios finais e do protótipo era realizada na mesma data. Verificou-se que em muitos grupos, os relatórios eram escritos depois de construído o protótipo. Entretanto, é objetivo deste trabalho, que os alunos sigam todos os passos do desenvolvimento de um produto de engenharia, do problema proposto ao produto final. Para inviabilizar esta prática de engenharia reversa, e incentivar a prática correta do projeto de engenharia foi necessário estabelecer um cronograma para o desenvolvimento do protótipo:

Revisão bibliográfica	2 semanas
Projeto térmico	1 semana
Projeto mecânico	1 semana
Apresentação do protótipo e teste	2 semanas
Análise dos resultados experimentais	1 semana

Também são realizadas reuniões semanais com todos os grupos, onde cada grupo

apresenta um relatório (oral) sobre as atividades desenvolvidas até o presente momento.

4. AVALIAÇÃO

A avaliação dos protótipos desenvolvidos é dividida em 3 partes:

- Relatório Técnico 40%
- Análise de protótipo 30%
- Resultados experimentais 30%

Os principais produtos do trabalho do engenheiro são os relatórios técnicos e projetos, e não a construção de protótipos. A construção é sempre realizada pelos técnicos e operários. É de vital importância que o estudante de engenharia saiba redigir corretamente um relatório de engenharia. Esta é a razão da ênfase dada ao relatório do desenvolvimento do protótipo na avaliação final.

Os relatórios devem possuir os seguintes itens (Pinheiro, 1994):

- Objetivos.
- Revisão Bibliográfica (definição, tipos, teoria de operação, normas e patentes).
- Metodologia e procedimentos (dados, cálculos, descrição da montagem, descrição do processo construtivo).
- Resultados (gráficos, análise resultados, análise de erros).
- Conclusões e recomendações
- Bibliografia.

Tabela 2. Critérios de avaliação dos relatórios técnicos (Pinheiro, 1994).

Critérios Técnicos	Valor	Critérios Estéticos	Valor
Precisão	10%	Formato	10%
Esforço	10%	Procedimento	10%
Abrangência	10%	Clareza e Coerência	10%
Ordem e Limpeza	10%	Originalidade	10%
Pontualidade	10%	Gramática e Ortografia	10%
Total	50%	Total	50%

Tabela 3. Critérios de avaliação dos protótipos construídos.

Critério	Valor
Administração, distribuição de tarefas e trabalho em grupo	20%
Construção e Acabamento	20%
Custo final	20%
Design e ergonomia	20%
Resultados operacionais e funcionabilidade	20%

Espera-se que seja estabelecido um trabalho cooperativo, com distribuição de tarefas, e coordenação, e que todos tenha a participação direta no projeto. Cada membro do grupo será questionado para avaliar (nota) a contribuição dos demais membros no sucesso do grupo.

Em alguns projetos foi também solicitado o desenvolvimento de um software para simular o desempenho térmico do protótipo.

Na avaliação dos resultados experimentais, espera-se que o protótipo construído funcione corretamente e atenda a todas as especificações propostas.

5. RESULTADOS OBTIDOS

As figuras abaixo mostram alguns dos protótipos realizados pelos alunos.



Figura 1. Protótipos do fogão solar (1999).



Figura 2. Protótipos do aquecedor 450W (2000).

6. CONCLUSÕES

Após a aplicação desta metodologia por 6 turmas, verificou-se que a maioria dos grupos é capaz de realizar com perfeição esta tarefa. Houve um grande envolvimento dos grupos em diversas atividades extra-classe, consumindo em média no desenvolvimento de cada protótipo cerca de 300 horas/homem .

Esta metodologia de ensino tem proporcionado uma grande motivação aos alunos, estimulando-os a uma maior participação, levando-os a se interessar pelo curso, criando a visão de conjunto e interação entre as diversas disciplinas do curso. Notou-se também que os alunos criaram uma compreensão global do projeto de engenharia, e aprenderam por si rudimentos de desenho mecânico. O projeto é uma oportunidade prática de reforçar a formação teórica adquirida, e tem gerado uma motivação para a continuidade de estudos, além de estimular a criatividade e tornar o aprendizado mais dinâmico. Os alunos adquiriram uma visão do objetivo final do curso de engenharia, e passaram a ligar este objetivo com as demais disciplinas do curso. O projeto proporcionou uma situação de interdisciplinaridade e a integração com as demais disciplinas do curso. Notou-se também uma melhoria de desempenho em disciplinas posteriores, pois eles podem ver o objetivo de cada disciplina no contexto global do projeto de engenharia. Os alunos passaram a relacionar os conhecimentos teóricos com os objetivos profissionais que almejam e a valorizar o conhecimento adquirido nas diversas disciplinas.

No aprendizado cooperativo, o aluno procura a solução dos seus problemas e, assim fazendo, constrói ao mesmo tempo, físico e mentalmente o próprio conhecimento. O professor deixa o papel de centralizador do conhecimento e assume o de direcionador, induzindo seus alunos a construir seus próprios mecanismos de aprendizado, bem como criar a consciência da responsabilidade pessoal no aprendizado

Verificou-se também, que aumentando o nível de exigência, a cobrança e a responsabilidade dos alunos, os resultados obtidos superaram as expectativas. O ensino de engenharia visa formar bons engenheiros, não bons teóricos.

O desenvolvimento de protótipos desde as disciplinas iniciais do curso de engenharia mecânica, permite que o estudante conheça desde cedo a metodologia de desenvolvimento de projetos de engenharia, permite a criação de uma visão global e interdisciplinar do curso, estimula a curiosidade científica e torna-se um poderoso incentivo ao estudante.

7. REFERÊNCIAS

BOMFIM, Gustavo Almarante. Metodologia para Desenvolvimento de Projetos. Editora Universitária, João Pessoa, 1995.

KOURY, Ricardo Nicolau Nassar; PINHEIRO, Paulo César da Costa; DUARTE, Horácio Valadares. Avaliação da Nova Estrutura Curricular em Implantação no Curso de Engenharia Mecânica da UFMG. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE-94), 24-27 Outubro 1994, Porto Alegre, *Anais...* Porto Alegre: ABENGE, Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, 1994, p.99-104.

PINHEIRO, Paulo César da Costa e KOURY, Ricardo Nicolau Nassar. A Estrutura de um Artigo Científico em Engenharia. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE-94), 24-27 Outubro 1994, Porto Alegre, *Anais...* Porto Alegre: ABENGE, Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, 1994, p.464-469.

VIANNA José F. SLEET Ray J., JOHNSTONE Alex H. The Use of Mini-Projects In an Undergraduate Laboratory Course in Chemistry. Química Nova, V.27, n.1, p.138-142, Jan/Fev.1999.