abenge

volume 19 - número 1 ISSN 0101-5001 agosto de 2000

REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

1 ENSINO DE ENGENHARIA: UMA REFLEXÃO À LUZ DA FILOSOFIA EDUCACIONAL
Flávio Macedo Cunha

11 DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DIDÁTICO PARA O CÁLCULO AUTOMATIZADO DO PROCESSO DE PLANIFICAÇÃO DE SUPERFÍCIES
Antônio Eustáquio de Melo Pertence & Luiz Malta Laudares Junior

19 DIVERSIFICAÇÃO DE TÉCNICAS DE ENSINO NOS CURRÍCULOS DE ENGENHARIA: APLICAÇÃO E ANÁLISE
Maria de Fátima Souza e Silva

27 MÓDULO DIDÁTICO PARA O ACESSO AO DESEMPENHO UNIDIRECIONAL DA SSP (*STANDARD PARALLEL PORT*) DOS PC's UTILIZANDO O COMPILADOR C++
Manuel Martin Pérez Reimbold, Luiz Antônio Rasia & Marlon Weber

37 ESTRUTURA E ÊNFASE DA DISCIPLINA CERÂMICAS REFRATÁRIAS NO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS DA UFSCAR
João Baptista Baldo

47 ANÁLISE DE ATITUDES DE CALOUROS DE ENGENHARIA EM RELAÇÃO ÀS CIÊNCIAS E À MATEMÁTICA
Helena Noronha Cury & Carlos Eduardo da Cunha Pinent

55 O ENSINO EXPERIMENTAL DE CIÊNCIAS TÉRMICAS NO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA UFSC
Vicente de Paulo Nicolau & Saulo Güths

63 VERITICALIZAÇÃO E INTEGRAÇÃO CURRICULAR: PRINCÍPIOS E FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS DA NOVA PROPOSTA DE ESTRUTURA CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FEIS/UNESP
José Augusto de Lollo & Milton Dall'Áglio Sobrinho

Associação Brasileira de Ensino de Engenharia

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO DE ENGENHARIA

Presidente
Pedro Lopes de Queirós, UFRN

Vice-Presidente
Maria José Gazzi Salum, UFMG

Vice-Presidente
José Alberto dos Reis Parise, PUC-Rio

Diretor-Secretário
Nilza Luiza Venturini Zampieri, UFSM

Diretor-Financeiro
João Sérgio Cordeiro, UFSCar

REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA
PUBLICAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO DE ENGENHARIA

Vol. 19, nº1, agosto de 2000
ISSN 0101-5001

Editor
Benedito Guimarães Aguiar Neto, UFPB

Conselho Editorial
Benedito Antonio Luciano, UFPB
Cícero Onofre de Andrade Neto, UFRN
Enílson Medeiros dos Santos, UFRN
Henrique Ludovice, CONFEA
Ivan Rocha Neto, UCB
João Bosco Laudares, CEFET/MG
José Alberto dos Reis Parise, PUC-Rio
José Roberto Gonçalves da Silva, UFSCar
Marcius F. Giorgetti, USP
Marcos da Silveira, PUC-Rio
Mário de Souza Araujo, UFPB
Sandoval Carneiro Júnior, UFRJ
Sílvio Romero Ferreira, UFPE
Waldimir Pirró e Longo, UFF
Walter Antônio Bazzo, UFSC

Design gráfico
Uchôa Design

Editoração Eletrônica
Walter Luiz Oliveira do Vale

Impressão
Natal Gráfica

INFORMAÇÕES GERAIS

A Revista de Ensino de Engenharia é uma publicação semestral da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia - ABENGE, destinada à divulgação de trabalhos abordando aspectos didático-pedagógicos, científicos, tecnológicos, profissionais, políticos e administrativos concernentes à educação em engenharia

Os assuntos publicados nesta revista são de inteira responsabilidade dos seus autores. A menção eventual de marcas ou produtos comerciais não significa recomendação da revista.

GENERAL INFORMATION

Revista de Ensino de Engenharia is published every semester by the Brazilian Association of Engineering Education and is devoted to the dissemination of articles on education. It is concerned with various aspects of education, including pedagogical, scientific, technological, professional, political and administrative issues.

The articles published in this Journal are the sole responsibility of their authors. Mention, on an eventual basis, of brands and products does not indicate any form of endorsement by the Journal.

Associação Brasileira de Ensino de Engenharia
ABENGE
Av. W-3 Norte Quadra 516
70770-515 Brasília - DF
Fone: (0xx61) 347.0773 Fax: (0xx61) 272.2661
abenge@tba.com.br

Tiragem
3.000 exemplares

Distribuição
Enviada a todos os associados da ABENGE e demais órgãos vinculados ao Ensino de Engenharia.

APRESENTAÇÃO

É gratificante apresentar o resultado de um trabalho bem sucedido como a **Revista de Ensino de Engenharia**, que tornou-se realidade graças ao compromisso de trabalho e dedicação de nossos associados, a quem apresentamos de público nossos agradecimentos.

A criteriosa seleção dos trabalhos enviados premiou a efetiva participação de colegas professores e engenheiros, que elaboraram textos para este periódico oficial da ABENGE, permitindo o sucesso da última edição, que mereceu elogios do público leitor e de autoridades dos mais diversos setores da sociedade.

Estamos confiantes de que as colaborações continuarão a crescer, de modo a permitir a consolidação deste veículo, cujo interesse abrange não somente quem desenvolve atividades junto às instituições de ensino tecnológico, mas também em órgãos representativos de caráter nacional e internacional. Essa participação será a garantia de permanência deste espaço privilegiado para a divulgação da nossa produção técnico-científica.

Pedro Lopes de Queirós
Presidente da ABENGE

EDITORIAL

Diante da nova realidade mundial, marcada por uma revolução econômica centrada no conhecimento, verifica-se que o desenvolvimento econômico de um país está diretamente relacionado com a detenção do conhecimento científico e tecnológico. É portanto, preocupante a situação do Brasil, uma vez que este não consegue transformar em tecnologia e portanto renda, o conhecimento científico produzido. A academia concentra praticamente 90% da pesquisa científica desenvolvida no país. A indústria nacional não tem qualquer tradição em realizar ou fomentar a pesquisa, ao contrário do que acontece nos EUA, onde cerca de 80 % dos pesquisadores encontram-se no setor industrial e de serviços.

Por outro lado, os setores públicos responsáveis pela política de C&T e educacional no país e os segmentos da sociedade civil organizada, através dos setores industrial e de serviços, tem consciência da necessidade imperiosa de incorporar inovação tecnológica aos processos de produção e produtos para a busca da competitividade. Portanto, para a participação efetiva do Brasil nessa nova ordem econômica mundial, não apenas como demandador de tecnologia, mas produtor desta, é exigida uma integração efetiva do trinômio educação superior, ciência e tecnologia.

Verifica-se que muito do que é produzido academicamente é inédito sob o ponto de vista tecnológico, mas que para o seu efetivo aproveitamento algumas ações adicionais precisam ser desenvolvidas. Transformar o conhecimento acadêmico em tecnologia, ou seja, aplicá-lo à geração de renda, exige ações específicas não inerentes à academia e investimentos adicionais não disponíveis a esta.

Portanto, para obter-se efetividade entre a pesquisa científica e a demanda tecnológica, o trinômio acima citado deve ser implementado com a participação efetiva da academia e os seus demais atores. Ressalte-se, entretanto, que a maior contribuição da universidade brasileira com relação a essa questão é a formação de recursos humanos altamente qualificados. Além disso, o processo de ensino-aprendizado é, sem sombra de dúvidas, aperfeiçoado à medida que o trinômio é exercido dentro de um contexto de integração da academia com a parceria externa.

Diante disso, mais do que nunca, a comunidade acadêmica da engenharia, ciente do seu papel, precisa gerar e difundir conhecimentos bem como formar recursos humanos sintonizados com esse contexto, buscando caminhos que levem à redução do descompasso, hoje existente, entre a atividade científica da academia e o seu aproveitamento como resultado tecnológico pelos setores industrial e de serviços.

É nesse sentido que este periódico da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia **ABENGE**, que leva o título de **Revista de Ensino de Engenharia** pretende continuar sendo um veículo eficaz de difusão de experiências inovadoras em educação em engenharia e se transformar em um instrumento indutor de mudanças para a engenharia nacional.

Convidamos aos colegas professores, pesquisadores, profissionais da engenharia ou de outras áreas do conhecimento para a submissão de trabalhos científicos e tecnológicos relacionados com o ensino da engenharia ou que abordem aspectos políticos, profissionais ou administrativos, ligados à educação em engenharia.

Prof. Dr.-Ing. Benedito Guimarães Aguiar Neto
Editor

abenge

volume 19 - número1 ISSN 0101 - 5001 agosto de 2000

REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

APRESENTAÇÃO

EDITORIAL

Flávio Macedo Cunha 1 ENSINO DE ENGENHARIA: UMA REFLEXÃO À LUZ DA FILOSOFIA EDUCACIONAL

Antônio Eustáquio de Melo Pertence & Luiz Malta Laudares Junior 11 DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DIDÁTICO PARA O CÁLCULO AUTOMATIZADO DO PROCESSO DE PLANIFICAÇÃO DE SUPERFÍCIES

Maria de Fátima Souza e Silva 19 DIVERSIFICAÇÃO DE TÉCNICAS DE ENSINO NOS CÚRRICULOS DE ENGENHARIA: APLICAÇÃO E ANÁLISE

Manuel Martin Pérez Reimbold, Luiz Antônio Rasia & Marlon Weber 27 MÓDULO DIDÁTICO PARA ACESSO AO DESEMPENHO UNIDIRECIONAL DA SSP (*STANDARD PARALLEL PORT*) DOS PC's UTILIZANDO O COMPILADOR C++

João Baptista Baldo 37 ESTRUTURA E ÊNFASE DA DISCIPLINA CERÂMICAS REFRATÁRIAS NO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS DA UFSCAR

Helena Noronha Cury & Carlos Eduardo da Cunha Pinent 47 ANÁLISE DE ATITUDES DE CALOUROS DE ENGENHARIA EM RELAÇÃO ÀS CIÊNCIAS E À MATEMÁTICA

Vicente de Paulo Nicolau & Saulo Güths 55 O ENSINO EXPERIMENTAL DE CIÊNCIAS TÉRMICAS NO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA UFSC

José Augusto de Lollo & Milton Dall'Áglio Sobrinho 63 VERTICALIZAÇÃO E INTEGRAÇÃO CURRICULAR: PRINCÍPIOS E FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS DA NOVA PROPOSTA DE ESTRUTURA CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FEIS/UNESP

ENSINO DE ENGENHARIA: UMA REFLEXÃO À LUZ DA FILOSOFIA EDUCACIONAL

Flávio Macedo Cunha[1]

RESUMO

O objetivo central deste trabalho é apresentar algumas concepções filosóficas que possam servir como referência e auxiliar no debate em torno do ensino de engenharia e na compreensão dessa prática. Observa-se, nos últimos anos, a intensificação do interesse pelas questões do ensino nessa área, com a discussão girando em torno de conteúdos, metodologias, técnicas de ensino e modelos de escola. Este trabalho busca, de forma sintética e introdutória, fornecer alguns subsídios para essa discussão, encontrando seus referenciais na filosofia educacional e, desta forma, trazendo elementos para incentivar e incrementar o aprofundamento do contexto no qual essa discussão tem se desenvolvido. Para tanto, partindo dos três eixos - epistemológico, axiológico e antropológico - apresenta as concepções de educação mais evidenciadas pelos teóricos da área, relacionando-as ao ensino de engenharia. Nesta mesma linha é dado um destaque à posição pós-moderna que encontra-se presente em diversos discursos e propostas relacionados à área educacional. Na finalização são colocadas algumas questões que discutem a aplicabilidade dessa temática ao ensino de engenharia.

Palavras-Chaves: Ensino de Engenharia, Filosofia Educacional

ABSTRACT

This work aims at the presentation of the philosophical concepts and discussions which might aid the engineering education and practice. For the last years, the interest on engineering education issues has been increasing along with subject contents, procedures and shcool design. This work intends to provide some information, based on educational philosophy, to this discussion. It is based upon three concepts - epistemology, axiology and anthropology - to present the most evidenced educational ideas, relating them to engineering education. The several pos-modern discussion and proposition on educational area are focused.

Keywords: Engineering Education, Educational Philosophy

INTRODUÇÃO

Exercer o papel de educador consiste, antes, em preparar pessoas para atuarem no mundo influenciando, até certo ponto, suas escolhas e o modo como irão interagir com a sociedade, o que significa ultrapassar a função de transmissor de conhecimentos técnicos e científicos. Usando as palavras de Cortella (1999, p. 136), " ... o educador é alguém que tem um papel *político-pedagógico*, ou seja, nossa atividade não é neutra nem absolutamente circunscrita." Assim, na condição de professores, precisamos estar atentos para que nossa prática e nosso discurso não sejam apoderados por modismos e executados de forma superficial, conduzindo-nos por caminhos que não admitiríamos como nosso. Uma proposta educativa

[1] Professor, Mestre. Instituto Politécnico da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais; Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Rua Madre Mazzarello, 91. Dom Cabral, Belo Horizonte, MG. CEP 30535 - 060. Fone: (0xx31) 375 7476. E-mail: flamac@dee.pucminas.br

deve ser construída a partir da reflexão e da crítica, tendo como referência o contexto no qual esta se apresenta e como base os fundamentos teóricos que lhe dão sustentação. Um dos caminhos que nos conduz nessa direção consiste em compreender os pressupostos educacionais e as concepções de ensino que fundamentam os discursos e as práticas educacionais, temática esta que é discutida no âmbito da filosofia educacional. Assim, é pertinente que a ciência e todo projeto que dela decorre, se oriente a partir da reflexão filosófica. Afinal, como nos lembra Piletti (1991, p. 97): "Já passou o tempo em que a Filosofia e as ciências podiam se ignorar mutuamente."

Este trabalho busca trazer uma contribuição nesse sentido. Como ponto de partida são relacionados os três eixos em torno dos quais a filosofia educacional se orienta para, em seguida, tematizar as principais concepções de educação que se encontram por trás das diversas propostas e práticas em torno do ensino de engenharia no Brasil. Pretende-se, a partir desta exposição, que tem um caráter eminentemente introdutório, destacar elementos que possibilitem incentivar a reflexão sobre o ensino de engenharia e sua prática, especialmente neste momento em que esta discussão encontra-se presente no meio acadêmico, e em que tendências contraditórias vêm se expressando e influenciando o contexto educacional nesta área.

PRESSUPOSTOS PARA UMA REFLEXÃO FILOSÓFICA EM EDUCAÇÃO

Neste ítem são apresentados, de forma sintética, três eixos essenciais em torno dos quais a reflexão filosófica pode ser problematizada, implicando em três pressupostos básicos para a educação, a saber: o epistemológico, o axiológico e o antropológico.

O Pressuposto Epistemológico

O termo epistemologia refere-se à teoria do conhecimento (*episteme*, do grego, significa ciência). Considerando-se que, na qualidade de educador, lidamos essencialmente com conhecimento, questões como o que é conhecimento, qual a origem do conhecimento e como conhecemos, apesar de parecerem, em princípio, irrelevantes, encontram-se na base das escolhas que fazemos no ato de selecionar métodos e procedimentos de ensino, de priorizar conteúdos e de definir a forma como abordar determinado conhecimento. A discussão dos pressupostos epistemológicos, neste caso, é realizada considerando-se duas dimensões essenciais dentro do campo da filosofia educacional, conforme apresentado a seguir.

Numa primeira dimensão essa discussão se faz em torno da origem, da essência e da possibilidade do conhecimento. Podemos relacionar várias correntes filosóficas que, não raramente, divergem entre si e que tratam de forma ampla este tema. Hessen (1987) expõe profundamente esta questão. Não obstante a abordagem por ele apresentada seja significativa na área da filosofia educacional, a mesma não será objeto de análise neste trabalho, dado a amplitude do tema. Fica, no entanto, indicada a leitura desta obra para aqueles que pretendem obter um aprofundamento do assunto. Aranha (1996) cita, em princípio, duas linhas derivadas dessas indagações, o racionalismo e o empirismo. O racionalismo, de inspiração cartesiana, considera que a fonte principal do conhecimento humano encontra-se na razão ou pensamento, dando uma prioridade às idéias inatas e enfatizando o papel do sujeito no contato com a realidade. O empirismo, ao contrário, considera que o conhecimento só é possível a partir da experiência sensível, com o objeto impondo uma impressão sobre o sujeito do conhecimento. O empirismo inspirou o positivismo de Comte que passou a considerar válidos os conhecimentos resultantes da observação e da experimentação. Tentativas de superação da dicotomia entre racionalismo e empirismo encontramos, por exemplo, na corrente denominada fenomenologia cuja abordagem considera que, diante do conhecimento, a consciência tem uma intencionalidade. Teorias derivadas dessa corrente influenciaram as tendências pedagógicas que defendem uma "fundamentação histórico-crítica para a práxis pedagógica" (Aranha, 1996, p. 131).

Em outra dimensão a ênfase volta-se para a compreensão do conhecimento como produto, como artefato trabalhado pelo homem. Surge daí o conceito de conhecimento como uma construção, em que alguns elementos são priorizados em detrimento de outros no qual o enfoque e a ênfase tornam-se objetos de escolha do educador. Neste caso, busca-se compreender a forma como o conhecimento é abordado pelo professor. Consideraremos, neste caso, duas concepções. Na concepção positivista o

conhecimento é tido como um produto acabado, que toma como verdadeiro aquilo que é mensurável e demonstrável mediante a utilização da linguagem matemática. Este é o modelo, por excelência, da teoria científica moderna que resultou numa concepção generalizada de reducionismo na ciência. Para Habermas (1982), o positivismo fica restrito às regras metodológicas, dogmatizando a fé das ciências nelas mesmas, reduzindo o sujeito à pessoa empírica - influência do empirismo - não discutindo o problema do conhecimento.

Numa concepção alternativa ao positivismo, encontra-se uma posição que busca compreender o significado do conhecimento e, desta forma, questionar suas bases e os pressupostos epistemológicos que lhe dão sustentação. Horkheimer (1975) propõe que o conhecimento não pode ser independentizado de seu contexto histórico, político e social. Neste sentido, o conhecimento deve ser auto-reflexivo em termos de teoria do conhecimento, o que significa que suas bases e seus fundamentos devem ser objeto de reflexão e análise. Assim, esta concepção parte do princípio de que é essencial a avaliação das práticas exercitadas no interior da escola tendo em vista a relação destas práticas com o mundo científico e tecnológico. Aplicada à prática educacional esta posição epistemológica serve para esclarecer os "mecanismos de alienação e de manipulação presentes no sistema" e permite revelar "verdades não intencionais que poderiam conter 'imagens fugidias' de uma sociedade diferente" (Pucci, 1994, p. 48). Possibilitaria ainda conduzi-nos a uma desnaturalização das idéias de modo que,

> *"... conceitos usuais tratados com naturalidade no interior da escola como produtividade, competitividade, eficiên-cia, bem como as concepções de progresso e de desenvolvimento tecnológico, passam a ser encarados com uma certa desconfiança quanto ao significado que lhes é atribuído." (Cunha, 1999, p. 39).*

A análise epistemológica, nestes termos, possibilita compreender as contradições e os conflitos que são próprios do processo educacional e permite que fatores históricos, sociais e políticos sejam associados ao conjunto do conhecimento em construção.

O Pressuposto Axiológico

A axiologia é a teoria dos valores (*axios*, do grego, relaciona-se a mérito, valor). O significado desse pressuposto no processo educacional relaciona-se ao fato de que não somos indiferentes diante dos seres e dos acontecimentos que compõem nosso mundo. Dentro de uma situação concreta, o sujeito estabelece critérios de valoração de forma que, na prática educacional, o elemento axiológico encontra-se sempre presente. Cortella (1999, p. 48) coloca essa questão nos seguintes termos: "... a *produção* dos valores e conhecimentos, dando-se em Sociedade, não é neutra, envolvida que está no âmbito do *poder* e de quem o possui." Aranha (1996, p. 119) destaca: "Se os valores estão na base de todas as nossas ações, é inevitável reconhecer sua importância para a práxis educativa." Estes valores, no entanto, nem sempre encontram-se claramente tematizados. Apesar de existir uma ampla variedade de situações através das quais os valores podem ser representados referimo-nos, neste caso, principalmente aos aspectos éticos, ideológicos e humanísticos que se encontram por trás de nossas ações enquanto educadores.

Em termos de uma proposta educacional no campo da engenharia, a análise axiológica implica, por exemplo, em incluir em nossa prática como educadores elementos que possibilitem avaliar uma determinada tecnologia tendo em vista a relação desta com questões ecológicas, políticas e sociais. Implica, também, em buscar a compreensão dos princípios que motivam determinadas abordagens para o currículo e os interesses que envolvem e definem as diretrizes e os modelos educacionais adotados em nossas escolas.

O ato de educar consiste na formação do homem ético e em condições de agir de acordo com uma escala de valores que lhe seja própria e condizente com o bem comum. O espaço da sala de aula é o lugar para abordar estas questões, sempre que possível e de forma apropriada. A questão axiológica na educação requer do professor um longo caminho de reflexão sobre sua prática, uma vez que ele é também alguém que aprende. Considerando-se que não há como ser neutro na ação educativa, torna-se conveniente que o professor considere esses elementos para que sua proposta pedagógica não se torne uma ação inconsciente e casual.

O Pressuposto Antropológico

Antropologia, no sentido filosófico, trata-se da ciência ou descrição do homem (*anthopos*, do grego, significa homem). Na práxis educativa os modelos que adotamos, nossa visão de mundo, bem como as nossas escolhas e modos de agir têm por base a concepção que fazemos de homem. Cabe, portanto, perguntar que tipo de homem que pretendemos formar e como o processo educativo deve desenvolver-se para atingir este objetivo. A resposta a esta questão e a forma como vamos agir a partir dela tem como fundamento uma determinada concepção antropológica, tenhamos ou não consciência dela.

Suchodolski (1972) considera que, na história da educação, duas correntes pedagógicas debateram entre si, dependendo da forma como o homem era focalizado. De um lado a pedagogia da essência que considera que o homem é um modelo a ser atingido, cabendo ao processo educacional desenvolver as potencialidades que estão latentes no homem. De outro lado a pedagogia da existência que considera o homem como algo em constante construção, um ser de escolhas e cuja existência se afirma a cada instante. A educação, neste caso, se realiza a partir da própria experiência do viver. Diante dessas duas concepções permanece a questão a respeito do homem: um conteúdo ideal, eterno, universal ou é, este, riqueza e diversidade em constante formação? Esta dicotomia não é resolvida com facilidade, porém tomar consciência dela, e assumir uma determinada posição, torna-se importante para orientar nossas atitudes diante de uma proposta como educadores.

Por outro lado, pode-se ainda considerar outro enfoque no campo da antropologia filosófica que se relaciona à concepção de homem, destacando-se três vertentes, a saber. 1) A concepção metafísica que, à semelhança da pedagogia da essência, parte da natureza imutável do homem e propõe que à educação cabe desenvolver esta essência. 2) A concepção naturalista que reduz o homem à dimensão mecanicista, cabendo ao processo educacional o papel de realizar experimentações e controlar o homem, mediante aplicação do método científico. 3) A concepção histórico-social, manifestada em diversas tendências, e que tem como base o processo dialético revelando o caráter dinâmico, conflitivo e histórico da realidade. A abordagem educacional, neste caso, ao considerar o homem como um ser inserido num processo histórico e social, irá enfatizar os embates e os conflitos resultantes desse processo, bem como as contradições e os jogos de interesses e de poder que permeiam as diversas práticas sociais.

Apesar da forma sintética com a qual esta temática está sendo abordada no presente trabalho, objetiva-se colocar em relevo questões que se relacionam à nossa atuação como educadores. Portanto, uma incursão nestes temas pode contribuir para o aprofundamento em relação ao sentido e ao alcance de nossa prática pedagógica uma vez que, como vimos, existe uma riqueza de diversidades e de significados encobertos em cada escolha que fazemos. Para completar esta breve viagem pelos caminhos da filosofia, passamos a analisar as concepções de educação mais frequentes e que se encontram na base dos discursos atuais em torno do tema 'ensino de engenharia' buscando relacioná-los aos pressupostos acima apresentados.

CONCEPÇÕES DE EDUCAÇÃO

São apresentadas, sem a preocupação de esgotar todos os aspectos desta temática, quatro concepções de educação que traduzem o pensamento das principais correntes educacionais, quais sejam: a escola tradicional, a escola nova, a tendência tecnicista e as teorias progressistas.

A Escola Tradicional

O modelo de escola tradicional surgiu a partir do Renascimento em oposição ao modelo de escola medieval. Buscava-se uma escola mais realista e mais adequada às transformações do mundo, uma reivindicação da burguesia emergente, com uma proposta de educação voltada para a vida. Este modelo se intensificou a partir da Revolução Industrial do século XVIII tendo em vista o desenvolvimento tecnológico.

Na concepção da escola tradicional o ensino é centrado no professor que detém o saber e a autoridade e que dirige o processo da aprendizagem. O aluno é essencialmente um receptor de conteúdos e assimilador de conhecimentos. Prevalece a aula expositiva com a prática de cópias e de exercícios de fixação. Os problemas cotidianos e os aspectos

relacionados à vida são colocados à parte. As provas constituem o instrumento básico de avaliação, com a distribuição de prêmios e punições, estimulando-se a competição entre os alunos.

O pressuposto epistemológico desse modelo tradicional de escola sofreu influência de diversas correntes desde o século XVI, o que torna difícil sua análise de forma homogênea. Estas influências apresentam reflexos que passam pelas linhas do racionalismo e do empirismo. Conforme Medeiros, citado por Piletti (1991, p. 52), na tendência tradicional os conhecimentos são "desligados da realidade concreta, como se as idéias fossem mais válidas do que essa realidade" apontando para uma linha racionalista. Aranha (1996), por sua vez, considera que as diversas características dessa escola evidenciam a posição empirista, uma vez que a assimilação do conhecimento pelo aluno se faz por meio da simples transmissão sem a necessidade de elaboração por parte do mesmo. A ênfase na formação do espírito científico e na aplicação do método científico como forma de validade do conhecimento teve, a partir do século XIX, forte influência do positivismo, que validou a linha do empirismo. Porém, a escola tradicional limita-se ao papel de transmissora das experiências adquiridas pelos homens tratando o conhecimento como um produto acabado. Na educação tradicional valoriza-se a transmissão da cultura geral e o exercício intelectual do estudante. Na esfera antropológica prevalece a concepção metafísica de homem. A linha pedagógica é marcada basicamente pela pedagogia da essência, que busca construir o homem a partir de um modelo pré-definido.

A Escola Nova

O movimento escolanovista surgiu no final do século XIX, com a proposta de apontar novos caminhos para a educação, em virtude das constantes mudanças sociais e das transformações políticas, econômicas e sociais em curso. Buscou-se, portanto, ultrapassar a ênfase nos conteúdos predeterminados destacando-se a importância do 'aprender a aprender'. Como característica geral o aluno é colocado no centro do processo e o professor passa a exercer o papel de facilitador da aprendizagem. O processo do conhecimento torna-se mais importante que o produto, colocando-se um destaque especial à descoberta que o estudante realiza e evitando-se a prática da simples transmissão de conteúdos. A psicologia passa a exercer um papel significativo no processo da aprendizagem, surgindo uma maior atenção à individualização das atividades, embora os trabalhos em grupo sejam valorizados. A avaliação constitui parte importante do processo de aprendizagem para o estudante. Privilegia-se a cooperação e a solidariedade rejeitando-se a ênfase na competição.

Na esfera epistemológica o empirismo continua exercendo influência nesse modelo de escola. Porém, o papel ativo do educando foi valorizado, ultrapassando-se a prática da simples transmissão da experiência, uma vez que o conhecimento passa a ser uma atividade dirigida, voltado para a ação em oposição à memorização e ao intelectualismo. Os valores encontram-se nas questões da existência e da vida, destacando-se a compreensão destes significados a partir da experiência. A concepção antropológica deste modelo coloca o educando no centro do processo educacional. Prevalece a linha da pedagogia da existência, ao considerar o homem construindo a si mesmo e interagindo em um mundo em constante mutação.

A Tendência Tecnicista

A tendência tecnicista surgiu na metade do século XX com o propósito de aplicar à escola o modelo empresarial de administração e de ensino. Neste caso, a educação passa a se adequar às necessidades do sistema industrial e tecnológico, com a ênfase voltada para a adaptação do indivíduo ao mundo do trabalho e da produção. O professor torna-se um executor de projetos educacionais, priorizando-se a valorização dos modernos recursos tecnológicos para a transmissão do conhecimento. Prevalece a divisão de tarefas com um destaque para as competências a serem adquiridas pelo aluno definindo-se, para tanto, objetivos instrucionais que possam ser objetivamente avaliados. Desta forma, privilegia-se os recursos didáticos avançados baseados em modernas tecnologias educacionais, com o professor exercendo a função eminentemente técnica. No Brasil este modelo foi instaurado a partir dos acordos MEC-USAID (firmados entre o Ministério da Educação e Cultura e a United States Agency for International

Development), após 1964, buscando atender à necessidade de formação de recursos humanos tendo em vista a expansão econômica do país.

O modelo de conhecimento que influenciou a tendência tecnicista tem suas bases no positivismo e no behaviorismo, este último relacionado à psicologia comportamentalista, que considera o homem um organismo passivo, um mecanismo no qual é possível avaliar saída, mediante entrada de dados, o que resulta em manipulação e controle do sujeito da aprendizagem. Desta forma, em termos epistemológicos, enfatiza-se o objeto conhecido desconsiderando-se o conhecimento como uma construção e reduzindo-se o sujeito à pessoa empírica. O ensino, nesses moldes, resume-se a uma proposta de treinamento. Ao valorizar a primazia do cientificismo, o tecnicismo perde de vista o contexto político, histórico e social no qual o conhecimento se desenvolve. Desta forma, a discussão sobre os significados do objeto do conhecimento são colocados à parte e a ênfase do ensino volta-se para atender às demandas do mundo produtivo. No eixo antropológico, o tecnicismo parte da concepção naturalista de homem, daí a tentativa de exercer o controle sobre o indivíduo nos mesmos moldes em que pretende-se controlar a natureza, com ênfase prioritária na programação rigorosa e no uso de tecnologias para o desenvolvimento do conhecimento.

As Teorias Progressistas

As concepções de educação acima descritas sofreram diversas críticas dos teóricos da educação que concluíram pela incompetência da escola em cumprir o seu papel de democratização e de contribuir na construção de um projeto social emancipatório. Nesta linha de análise, algumas teorias como as crítico-reprodutivistas destacaram o caráter ideológico da educação e o papel discriminador e repressivo da escola enfatizando a sua posição de reprodutora das diferenças sociais. Saviani (1983) destaca que estas teorias explicam os mecanismos de dominação presentes na escola, mas não apresentam uma proposta alternativa.

Foram, entretanto, as teorias progressistas que voltaram-se para a busca de concepções alternativas de educação, tendo como meta a construção de uma pedagogia social crítica. Encontram-se sob esta denominação uma extensa lista de teóricos que, de uma forma geral, consideram a escola como uma estrutura de reprodução da ideologia dominante, mas também como um espaço de ruptura e de superação dessa ideologia. Conforme Libâneo (1984), o termo 'progressista' relaciona-se às tendências que voltam-se para as finalidades sociopolíticas da educação enfatizando, essencialmente, o desenvolvimento da consciência crítica e do potencial transformador da educação em relação às práticas sociais existentes. Cabe ao professor ir além da aplicação dos conteúdos, discutindo os problemas sociais e ideológicos relacionados ao seu objeto de trabalho, considerando as situações concretas de vida do educando e relacionando sua prática ao processo político e social no qual o ensino se desenvolve. As teorias progressistas manifestam-se em três linhas - libertadora, libertária e crítico-social dos conteúdos. Entretanto, este trabalho não tem a proposta de descrever as características dessas linhas.

O pressuposto epistemológico que se encontra na base desta concepção parte do contexto histórico, político e social no qual o conhecimento é elaborado e transmitido considerando-se as categorias de contraditoriedade e de totalidade próprias da dialética. Nesta concepção a relação entre sujeito e objeto se estabelece de forma dinâmica e interativa, em mútua determinação e dentro de um processo no qual a consciência busca significados no mundo. No eixo axiológico, cabe ao educador questionar os valores que encontram-se por trás dos discursos e das práticas existentes no meio educacional, avaliando o significado dos conteúdos com os quais trabalha e propondo alternativas para o sistema educacional e social no qual está inserido. O aspecto antropológico desta proposta educacional tem por base a concepção histórico-social de homem uma vez que considera os elementos históricos, políticos e ideológicos que se encontram relacionados ao projeto educacional.

As concepções ora apresentadas foram descritas em suas linhas gerais e de forma sintética. Deve-se, desta forma, estar atento para não correr o risco de tirar conclusões superficiais e precipitadas ao considerar este tema diante da realidade escolar, uma vez que cada tendência comporta uma variedade e complexidade bem mais ampla de detalhes em relação ao que foi aqui tratado. No entanto, este trabalho cumpre com sua proposta na medida em que destaca os elementos centrais relativos a cada concepção permitindo ao leitor avaliar sua prática, contextualizar

os diversos discursos na área e elaborar projetos educacionais fundamentados em princípios filosoficamente delineados. Uma vez que as diversas teorias educacionais se distribuem no espaço e no tempo com uma ampla diversidade de detalhes, um estudo aprofundado das mesmas pode evitar posições simplistas e análises superficiais.

A EDUCAÇÃO NO CONTEXTO PÓS-MODERNO

A discussão aqui apresentada, para tornar-se efetiva e atual, precisa levar em consideração a crítica à modernidade feita pelo pós-modernismo, tendo em vista seus reflexos em torno das concepções e das propostas educacionais. Na análise feita por Giroux (1993, p. 46):

> *"O pós-modernismo em seu sentido mais amplo refere-se tanto a uma posição intelectual (uma forma de crítica cultural) quanto a um conjunto emergente de condições sociais, culturais e econômicas que caracterizam a era do capitalismo e do industrialismo global."*

Portanto, o termo pós-moderno está sujeito a uma ampla gama de interpretações. No caso deste trabalho, este termo será usado considerando-se alguns aspectos centrais do discurso pós-moderno tendo em vista a relação deste com propostas educacionais. A posição pós-moderna faz um movimento contrário à modernidade, colocando-se em oposição às teorias totalizantes - as grandes narrativas (cristianismo, marxismo etc) - que passam a ser entendidas como posições de controle e de legitimação. A ênfase pós-moderna privilegia a diversidade, a localidade e a especificidade ao considerar os rumos que a tecnologia, a informação e a ciência tomaram no mundo ocidental com relação à produção do conhecimento. Reafirma-se a ênfase em um mundo em constante mutação e destituído de referenciais históricos e filosóficos com reflexos nas esferas culturais, políticas e econômicas. Na visão pós-moderna torna-se inconsistente a proposta modernista de emancipação do homem. Os modelos de 'verdade', de ciência e de ética são problematizados a partir dos conceitos de linguagem e de subjetividade. O pós-modernismo nega a visão de mundo a partir do prisma da ideologia uma vez que não há possibilidade de relatos globais, não permitindo, desta forma, uma posição privilegiada a partir da qual seja possível instituir um pressuposto de 'verdade'. Esta condição considera ainda não ser possível desvelar a ideologia do ponto de vista da ciência uma vez que a ciência é também parte do problema.

Assim, as implicações destas posições no campo educacional tornam-se significativas. Para Silva (1993) a rejeição das teorias totalizantes, por um lado, alerta para o caráter opressivo e totalitário de uma determinada metanarrativa, porém, esta postura pode conduzir-nos à perda da compreensão coerente e global do mundo e da dinâmica social, além de destituir o interlocutor de instrumentos analíticos que forneçam referencias a esta dinâmica. Uma proposta educacional nestes termos, pode ser organizada sem considerar uma visão global e permanecer descontextualizada do processo no qual esta se insere.

A desconfiança do pós-modernismo em relação aos discursos, insistindo no seu caráter ilusório, levanta, de forma elucidativa, a questão "dos efeitos de 'verdade' de todos os discursos" (Silva, 1993, p. 131), porém pode impedir a crítica das estruturas reais existentes na sociedade, dificultando a efetivação de um projeto educacional crítico. O pós-modernismo suprime a posição essencialista do sujeito, o que resulta na "rejeição de um projeto educacional voltado para deixar florescer a essência ou a desenvolvê-la" (Silva, 1993, p. 131).

Essas rupturas em relação ao modernismo têm, portanto, efeitos nas concepções de escola e nos pressupostos que elaboramos com relação ao conhecimento, aos valores e ao homem. Isto tem consequências nos projetos educacionais que propomos para nossas escolas de engenharia e em nossas práticas de ensino. Torna-se, desta forma, importante que os educadores e profissionais participem do debate em torno desses temas de forma a não perder de vista o significado filosófico, político e cultural dos diversos discursos existentes em torno do ensino de engenharia na atualidade.

CONCLUSÃO

Os temas tratados neste trabalho, de forma sucinta e simplificada, buscam essencialmente apresentar alguns elementos para incentivar e subsidiar a reflexão crítica em relação às práticas e aos discursos em torno do ensino de engenharia no Brasil e sugere um

aprofundamento em torno desses referenciais. Portanto, o estudo aqui apresentado constitui apenas uma introdução ao tema da filosofia educacional. Diante do exposto, duas questões parecem pertinentes de serem colocadas para o momento. A primeira relaciona-se ao significado desta temática para o professor de engenharia. Neste caso deve-se considerar que a tematização dessas questões possibilita subsidiar o professor de elementos teóricos para que ele possa reavaliar a sua prática didática e pedagógica e compreender o contexto dos diversos discursos realizados em relação ao ensino de engenharia. Evitaria, assim, que o professor agisse no sentido de valorizar e defender pressupostos, interesses e ideologias que poderiam estar na base de processos com os quais ele não concordaria.

A segunda questão relaciona-se à escolha da concepção de educação que seria mais adequada para o ensino na engenharia. Deve-se, neste caso, considerar que cada modelo tem seu lugar e seu momento no processo educacional. Libâneo (1984) destaca que essas tendências nem sempre são mutuamente exclusivas, elas convivem e se mesclam em diversas situações práticas que dependem da realidade da escola, das circunstâncias da sala de aula, das possibilidades da matéria lecionada e do modo de ver o mundo adotado pelo professor. É importante, nesse processo, evitar a escolha de uma única tendência como 'modelo' para se aplicar a um processo tão amplo e diversificado como é o ensino de engenharia. Cada tendência tem seus pontos fortes e fracos, cada uma tem uma relação diferente com situações reais de ensino e são estes pontos que devem ser considerados ao aplicá-las.

Deve-se também levar em conta, no processo de planejamento e de implementação de um currículo, que este constitui um processo de construção coletiva, de forma que a ênfase em determinadas concepções é resultado de forças que se manifestam dentro e fora da escola. Cunha (1999) denominou esta dinâmica de 'campo de força' na definição curricular. Analisando por esse ângulo torna-se possível compreender e explorar construtivamente as diversas forças e contradições intrínsecas ao processo de produção e de implementação curricular. Evidentemente que a compreensão dos diversos aspectos envolvidos neste processo bem como de determinados conceitos relacionados à educação evitaria casuísmos e manobras por parte de determinados grupos no processo de definição do currículo.

Portanto, mesmo comportando diversas tendências e, ainda que uma delas possa prevalecer sobre as outras num determinado momento e numa situação específica, interessa saber que o ensino não pode ser organizado e construído descontextualizado de um processo maior que envolve o conceito de conhecimento, os valores e a compreensão do homem que se pretende formar. Deve-se, portanto, perguntar pelas alternativas possíveis e pelos seus significados. A possibilidade de encontrar respostas requer, neste caso, uma posição filosófica que desnaturalize e problematize o mundo da escola com suas riquezas de interpretações, de possibilidades e de resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANHA, M. L. de Arruda. Filosofia da educação. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 1996.

CORTELLA, M. Sérgio. A escola e o conhecimento: fundamentos epistemo-lógicos e políticos. 2ª ed. São Paulo: Cortez / Instituto Paulo Freire, 1999. (Coleção prospectiva; 5)

CUNHA, Flávio M. A formação do engenheiro na área humana e social. Belo Horizonte: CEFET MG, 1999. (Dissertação de Mestrado).

GIROUX, Henry A. O pós-modernismo e o discurso da crítica educacional. In: SILVA (Org). Teoria educacional crítica em tempos pós-modernos. Porto Alegre: Arte Médicas Sul, 1993. Cap. 2, p. 41 - 69.

HABERMAS, Jürgen. Conhecimento e interesse. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1982. Parte II: Positivismo, pragmatismo, historicismo, p. 89 - 210.

HESSEN, J. Teoria do conhecimento. 8ª ed. Coimbra: Arménio Amado, 1987.

HORKHEIMER, Max. Teoria tradicional e teoria crítica. São Paulo: Abril Cultural, 1975, p. 125 - 162 (Col. Os Pensadores, vol. XLVIII).

LIBÂNEO L. Carlos. Democratização da escola pública, a teoria crítico-social dos conteúdos. 6ª ed. São Paulo: Loyola, 1984.

MEDEIROS, M. A. As três faces da pedagogia. Lisboa: Livros Horizonte, 1975.

PILETTI, Claudino. Filosofia da educação. São Paulo: Ática, 1991.

PUCCI, Bruno. Teoria crítica e educação. Petrópolis: Vozes, 1994. Cap. 1: Teoria crítica e educação, p. 11 – 58.

_____ (Org.). Teoria crítica e educação. Petrópolis: Vozes, 1994.

SAVIANI, Demerval. Escola e democracia. São Paulo: Cortez, 1983.

SILVA, T. Tadeu. Teoria educacional crítica em tempos pós-modernos. Porto Alegre: Arte Médicas Sul, 1993. Cap. 5: Sociologia da educação e pedagogia crítica em tempos pós-modernos, p. 122 - 140.

_____ (Org.). Teoria educacional crítica em tempos pós-modernos. Porto Alegre: Arte Médicas Sul, 1993.

SUCHODOLSKI, B. A pedagogia e as grandes correntes filosóficas. Lisboa: Livros Horizonte, 1972.

DADOS BIOGRÁFICOS DO AUTOR

Flávio Macedo Cunha

Engenheiro Eletricista pela Escola de Engenharia da UFMG (1980). Mestre em Educação Tecnológica pelo CEFET MG (1999). Professor Adjunto do Instituto Politécnico da PUC MG e do Departamento de Engenharia Elétrica do CEFET MG. Áreas de interesse: educação tecnológica, ensino de engenharia, currículo.

DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DIDÁTICO PARA O CÁLCULO AUTOMATIZADO DO PROCESSO DE PLANIFICAÇÃO DE SUPERFÍCIES

Antônio Eustáquio de Melo Pertence[1] & Luiz Malta Laudares Junior[2]

RESUMO

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um programa visando uma seqüência automatizada de cálculo estruturada na linguagem Visual Basic para o processo de planificação de superfícies. Este programa proporciona também, uma interação simples e objetiva com o usuário, procurando-se a redução no tempo de execusão do projeto e eliminação de erros, além da possibilidade da simulação de várias alternativas visando o aprimoramento global do projeto.

Palavras-Chave: programa didático, planificação, automatização

ABSTRACT

This paper shows the development of automatic sequence program, using Visual Basic language, applied to planning of surfaces design. This program gets a simple and objective integration with the user. It minimizes the use of calculator and tables. It reduces time design, errors and enables some alternatives of simulation for better improvement of global design.

Keywords: didactic program, planning of surfaces

INTRODUÇÃO

Normalmente muitos dos equipamentos industriais não são fabricados em série, pois são desenvolvidos para atender necessidades específicas de trabalho, ou para realizar uma função intrínseca de um determinado processo. Por isso, a cada novo equipamento geralmente tem-se um novo projeto.

Para tanto, a equipe de projetistas de posse das especificações necessários e da concepção básica do equipamento, inicia a fase de cálculo, dimensionando os vários elementos mecânicos presentes no projeto em foco.

Assim, para cada um desses elementos é feito o seu dimensionamento, em função dos esforços aplicados, das condições de trabalho, do tipo de material usado, etc. Após o término da etapa de cálculos, o equipamento é criteriosamente detalhado passando-se então à fase de fabricação.

De forma semelhante, o ensino na área de Projetos Mecânicos também se utiliza fundamentalmente da mesma lógica aplicada nos projetos desenvolvidos na prática, ou seja, trabalha com projetos didáticos que passam por fases de concepção básica, dimensionamento de elementos mecânicos e geração de desenhos de fabricação, propiciando ao aluno uma visão da realidade de trabalho na área.

Para a melhoria da produtividade e resposta mais rápida aos pedidos de mercado, tem-se procurado reduzir o tempo de execução dos projetos. Uma das maneiras possíveis de se alcançar esse objetivo, é basicamente automatizar os cálculos dos vários elementos mecânicos encontrados nos equipamentos industriais.

[1] Professor do Departamento de Engenharia Mecânica. E-mail: pertence@dedalus.lcc.ufmg.br
[2] Mestrando do Curso de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Antônio Carlos 6627, Campus da Pampulha, CEP 31270 - 901, Belo Horizonte, MG

A automatização do cálculo de elementos mecânicos tem se tornado crucial no desenvolvimento de projetos industriais, pois possibilita uma reestruturação mais rápida do projeto como um todo em casos de modificação e adaptação, além de oferecer possibilidade de simulação de várias alternativas de concepção para uma determinado problema. Pode-se então minimizar e evitar procedimentos repetitivos de cálculo de dimensionamento. Observa-se ainda que, cada vez mais as indústrias de bens de capital, empresas de projeto e de consultoria que acompanham as tendências atuais, tem procurado profissionais com capacidade para trabalhar de forma adequada este processo.

Pelo exposto acima, tem-se procurado incentivar os alunos da área de Projetos Mecânicos do curso de Engenharia Mecânica, a buscar soluções que venham a contemplar a automatização dos cálculos dos elementos mecânicos em situações específicas, como técnica de treinamento e aprendizagem, propiciando aos alunos maior envolvimento no processo de desenvolvimento do projeto didático e melhor percepção da características de interdisciplinaridade que a área de Projetos Mecânicos requer.

Neste contexto se insere o presente trabalho que é fruto desta técnica de aprendizagem e foi desenvolvido a partir da demanda apresentada no desenvolvimento de um projeto didático utilizado na disciplina de Projetos Mecânicos do Curso de Engenharia Mecânica onde se necessitava do desenvolvimento de algumas superfícies planificadas. Além disso, os programas didáticos tem sido utilizados como objeto de estudo por alunos novos, com menor experiência, e também em aplicações diretas em outras disciplinas como Elementos de Máquinas e Processos de Fabricação.

O PROCESSO DE PLANIFICA-ÇÃO DE SUPERFÍCIES

A superfície de um sólido qualquer pode ser desenvolvida a partir de um único plano. A partir desse plano pode-se constituir a superfície do mesmo, por intermédio de processos de dobramento e calandragem.

O processo de planificação, descrito acima é também conhecido por caldeiraria [1-3] que pode ser definido como a técnica de se transformar a superfície de um sólido em uma superfície plana, cuja aplicação se dá desde a fabricação de recipientes e depósitos, passando por peças estruturais de equipamentos mecânicos, até células de aviões e instalações de uma indústria petroquímica. É pois um processo muito utilizado e conjuntamente com processos de conformação pode substituir, em alguns casos, a usinagem apresentando custos menores e menor refugo de material. Porém, uma das dificuldades em se estabelecer soluções gerais na caldeiraria está na grande diversidade, tanto de formas quanto de dimensões exigidas.

No processo de planificação de superfícies normalmente utilizam-se relações geométricas desenvolvidas através de métodos gráficos cujas projeções são obtidas por intermédio das técnicas de geometria descritiva[4]. Da união dessas projeções, consegue-se obter uma figura que representa a superfície real do sólido em um único plano como indicam as Figuras 1 e 2.

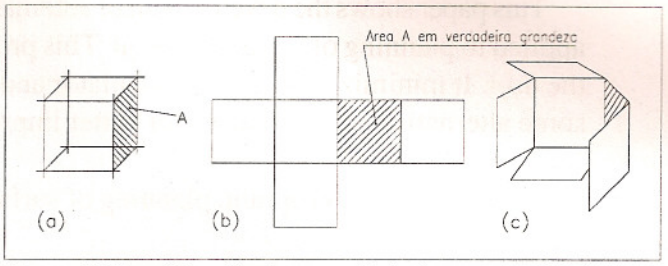


Figura 1. Planificação da superfície de um paralelogramo

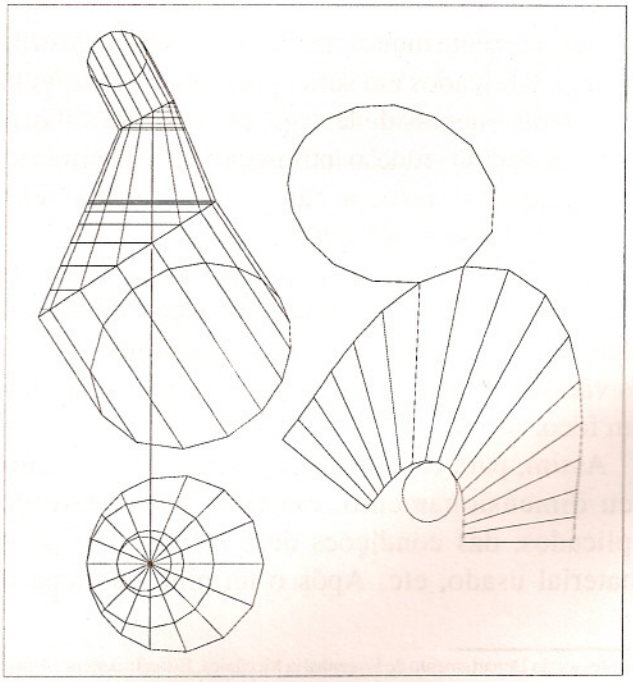


Figura 2. Planificação da superfície de um cone

A automatização do cálculo dessas relações geométricas propicia maior rapidez e precisão na obtenção da figura planificada a ser usada nos processos subsequentes de corte e dobra. Além disso, possibilita a criação de referenciais usados para se otimizar área de chapa. Assim, os métodos matemáticos produzem resultados exatos e servem de controle para as soluções gráficas.

Para a obtenção das expressões matemáticas necessárias, são feitas análises nas projeções de primitivas básicas tais como cilindros e cones, obtendo-se equações correspondentes às coordenadas na direções x e y das bases superior e inferior e da superfície lateral. Com as equações passa-se então, à etapa de conversão das mesmas em algoritmo.

O programa de planificação foi desenvolvido em linguagem Visual Basic[5, 6] e é capaz de executar uma seqüência automatizada de expressões matemáticas representando algumas formas primitivas básicas de grande uso e que compõem outras formas. Desse modo, obtém-se soluções que cobrem uma grande parte do domínio de aplicabilidade do processo de planificação de superfícies. Além disso, estabeleceu-se um processo de comunicação entre este programa desenvolvido e uma plataforma CAD[7, 11], no caso presente o programa AutoCad Release 12 for Windows.

FUNCIONAMENTO GERAL DO PROGRAMA

O programa é constituído por uma tela de entrada, ilustrada na Figura 3, de onde se consegue acesso às demais telas que vão compondo o seu fluxo de funcionamento.

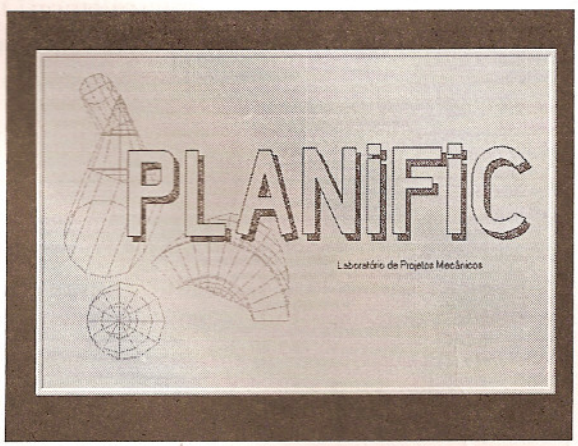


Figura 3. Tela de entrada do programa de planificação de superfícies - Planific

A próxima tela é a principal, na qual pode-se encontrar uma barra de ferramentas de onde o usuário pode gerenciar seus arquivos: criar, salvar e abrir. A Figura 4 ilustra a tela principal.

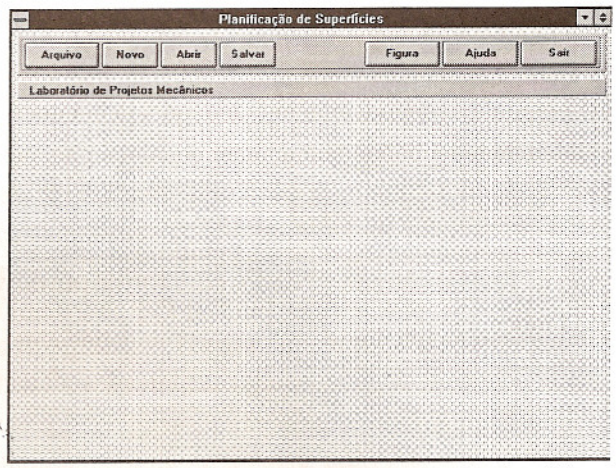


Figura 4. Tela de principal do programa de planificação de superfícies - Planific

Para iniciar um projeto, o usuário deverá escolher "novo arquivo" na barra de ferramentas, que chamará uma tela referente ao primeiro passo do processo: escolha da forma primitiva da peça (ou da parte que irá constituí-la, já que a peça desejada pode ser composta a partir da união de várias primitivas) como indica a Figura 5.

Feita a escolha, o segundo passo refere-se à atribuição de valores. Nessa etapa, a tela de entrada de dados estará ativada e nela existirá um desenho da forma primitiva projetada em duas vistas, cotado com as dimensões necessárias para realização da seqüência de cálculos. Cada cota possui um campo apropriado para que o usuário entre com o valor correspondente. As Figuras 6 e 7 ilustram o exposto acima.

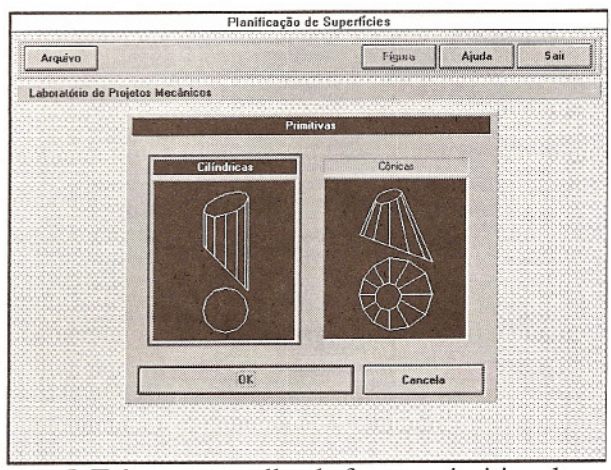


Figura 5. Tela para escolha da forma primitiva da peça

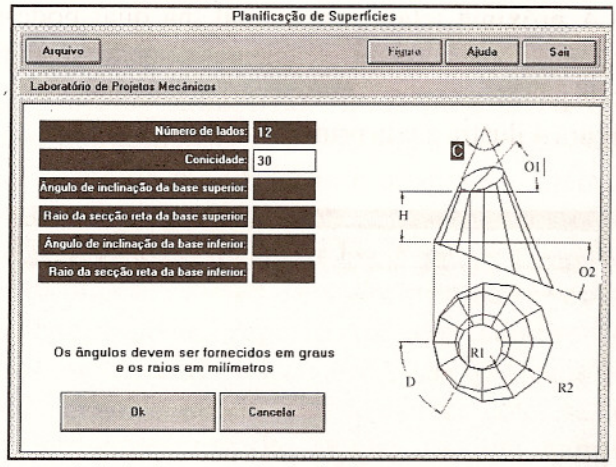


Figura 6. Tela de entrada de dados para forma primitiva do cone

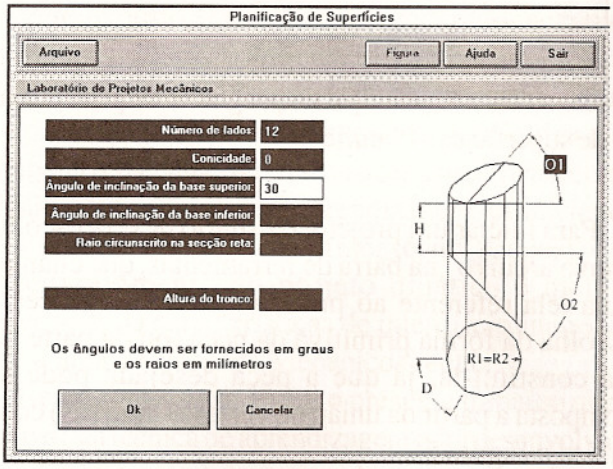


Figura 7. Tela de entrada de dados para forma primitiva do cilindro

Depois de tudo definido, basta pressionar o botão "Ok" para se efetivar os cálculos. Em seguida, aparecerá uma tela de mensagens onde o programa constata o término do projeto e recomenda a gravação do arquivo como indicam as Figuras 8 e 9.

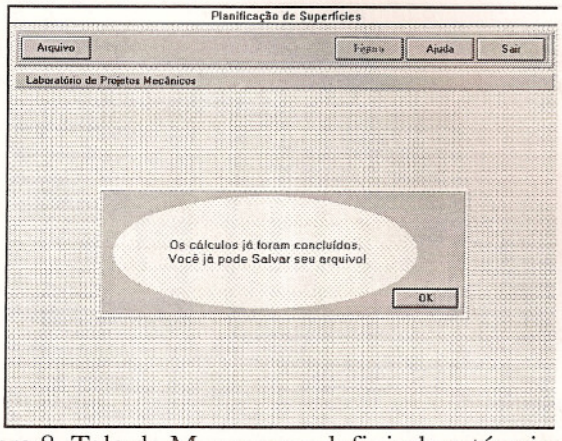


Figura 8. Tela de Mensagens definindo o término do projeto e recomendando a gravação do arquivo

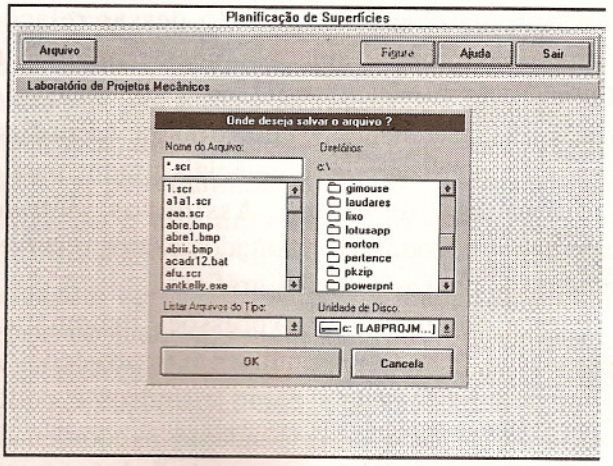


Figura 9. Tela com janela para salvar arquivos

De posse do arquivo já gravado, o programa pergunta se o usuário deseja visualizar a figura planificada; e se a resposta for positiva, o programa abrirá a plataforma CADo, fornecendo orientação ao usuário de como ele deve alcançar seu arquivo. As Figuras 10 e 11 ilustram o exposto acima.

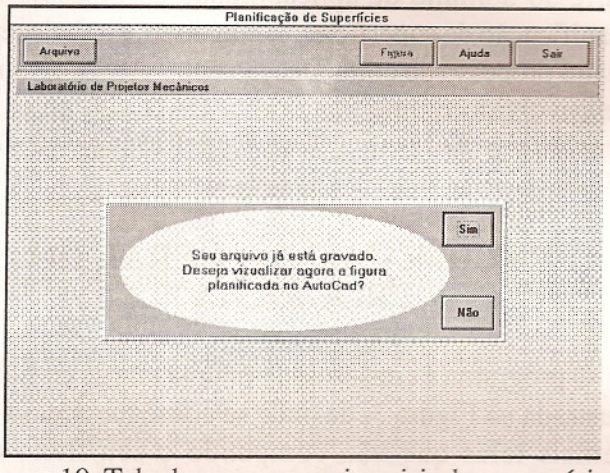


Figura 10. Tela de mensagens inquirindo ao usuário a visualização a figura planificada

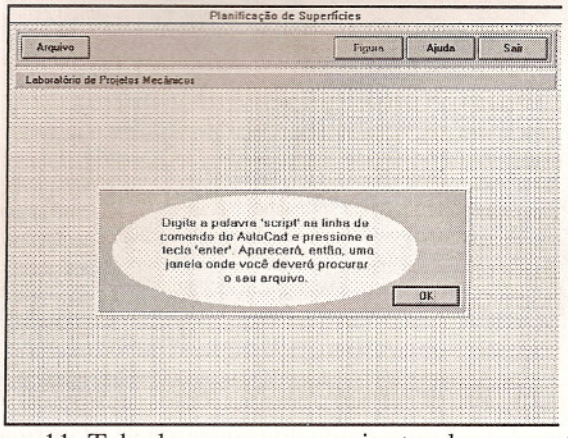


Figura 11. Tela de mensagens orientando ao usuário como alcançar seu arquivo

O usuário poderá estabelecer comunicação entre o programa Planific e a plataforma CAD através de um botão presente na barra de ferramentas, ou então, trabalhar diretamente com o referido programa de CAD. Junto a este programa, poderá modificar a figura planificada, acrescentar ou retirar partes, trabalhar com escalas e impressão. A Figura 12 ilustra a tela de resultados com um exemplo de superfície planificada na plataforma CAD.

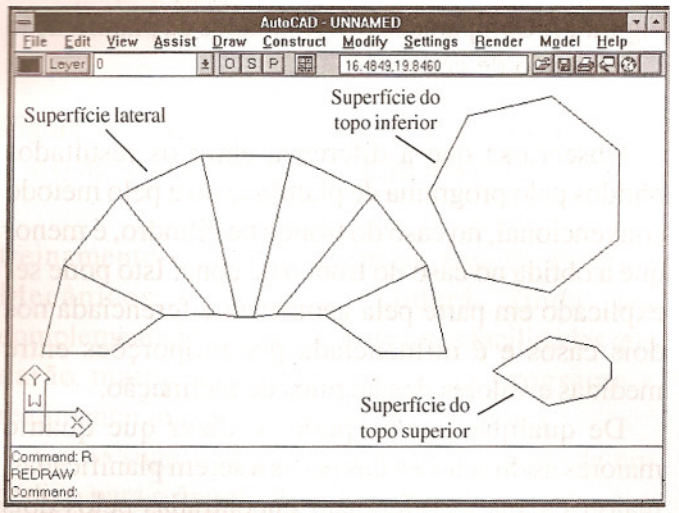


Figura 12. Tela de resultados com exemplo de superfície planificada no AutoCad

CONCLUSÕES

Para efeito de utilização do programa de planificação e comparação com os resultados do processo convencional foram desenvolvidos inicialmente dois casos utilizando-se o programa de planificação e o método convencional simulado diretamente no programa AutoCad Release 12 for Windows.

O primeiro caso correspondeu a planificação de um tronco cilíndrico com oito lados e o outro à planificação de um tronco cônico, também com oito lados.

Além disso, foram desenvolvidos, através do programa de planificação, mais dois casos considerando-se troncos de cilindro e de cone com seções circulares, cuja simulação foi realizada utilizando-se um número grande de lados (no caso 100 lados). A Tabela 13 indica os dados utilizados.

Observando-se as Figuras 14 e 15 onde se encontram respectivamente os resultados dos dois métodos de planificação para os casos 1 e 2, pode-se dizer que, como o número de lados foi pequeno e de fácil divisão (no caso 8 lados), a aplicação das técnicas convencionais conjuntamente com as facilidades de trabalho conferidas pelo programa AutoCad 12 for Windows, proporcionaram um bom nível de desempenho frente ao uso do programa de planificação. É claro que o programa de planificação sendo resultado do processo de automatização de cálculos, é mais rápido. De qualquer forma, observa-se nos dois casos, não só a possibilidade de utilização dos dois métodos, como também que o resultado obtido pelo método convencional valida os resultados obtidos pelo programa de planificação.

Por outro lado, quando se deseja fazer a planificação de figuras com seções circulares deve-se utilizar, tanto num método quanto no outro, o maior número de lados. No método convencional este

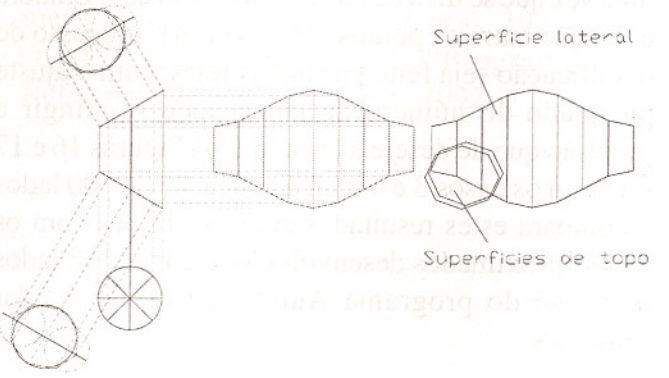


Figura 14. Planificação de tronco de cilindro

Tabela 13. Dados utilizados para o desenvolvimento dos casos

Dados	C
Número de Lados	
Conicidade (graus)	
Ângulo de Inclinação da Base Superior (graus)	
Ângulo de Inclinação da Base Inferior (graus)	
Raio Circunscrito da Seção Reta (mm)	
Raio Seção Reta da Base Superior (mm)	
Raio Seção Reta da Base Inferior (mm)	
Altura do Tronco do Cilindro (mm)	

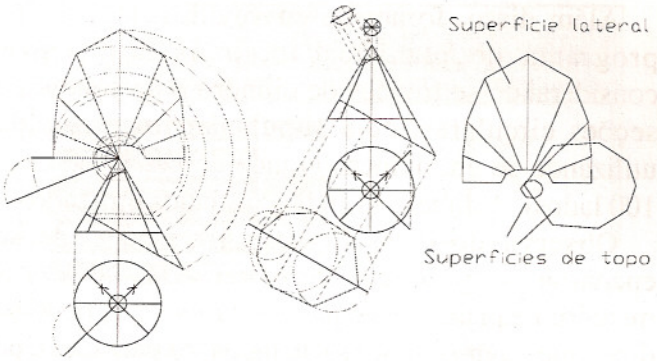


Figura 15. Planificação de tronco de cone

número de lados é em geral limitado, uma vez que o trabalho se torna grande mesmo se considerarmos o uso do programa AutoCad. Assim, a solução normalmente encontrada é trabalhar-se com um número de lados compatível e promover a ligação entre pontos obtidos com o processo de planificação através de arcos aproximados, sendo que, a precisão dos resultados dependerá das condições utilizadas. Observa-se que a simulação do método convencional através do uso do programa AutoCad deverá facilitar e melhorar a precisão dos resultados, uma vez que este programa conta com recursos que otimizam a geração dos arcos a partir de três pontos conhecidos.

No caso do programa de planificação o recurso de maior número de lados pode ser mais explorado uma vez que se trata de cálculo automatizado. Embora a ligação entre os pontos obtidos com o processo de planificação seja feito por linhas retas, com o ajuste adequado do número de lados pode-se atingir a precisão que de deseje à princípio. A Figuras 16 e 17 ilustram os casos 3 e 4 com a aplicação de 100 lados e compara estes resultados com os obtidos com os arcos aproximados desenvolvidos a partir de 8 lados pelo uso do programa AutoCad Release 12 for Windows.

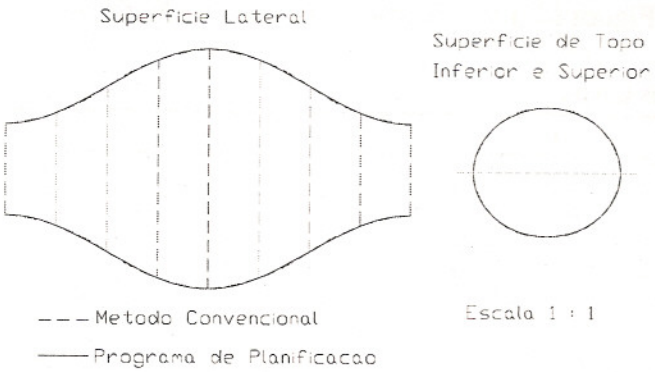


Figura 16. Comparação dos resultados da planificação do tronco de cilindro

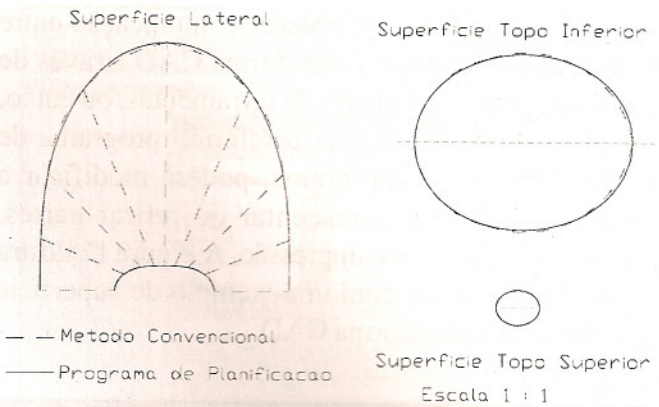


Figura 17. Comparação dos resultados da planificação do tronco de cone

Observa-se que a diferença entre os resultados obtidos pelo programa de planificação e pelo método convencional, no caso do tronco de cilindro, é menor que a obtida no caso do tronco de cone. Isto pode ser explicado em parte pela geometria diferenciada nos dois casos e é influenciada por proporções entre medidas e valores dos ângulos de inclinação.

De qualquer forma pode-se dizer que quanto maiores as dimensões das peças a serem planificadas, maiores serão as diferenças encontradas pelos dois métodos. As Figuras 18 e 19 mostram, em escala ampliada, as diferenças obtidas na superfície lateral pelo programa de planificação e pelo método convencional respectivamente para o tronco de cilindro e de cone.

Pode-se dizer que o programa de planificação atende as expectativas básicas didáticas propostas no que tange a busca de soluções de automatização dos cálculos dos elementos mecânicos como técnica de

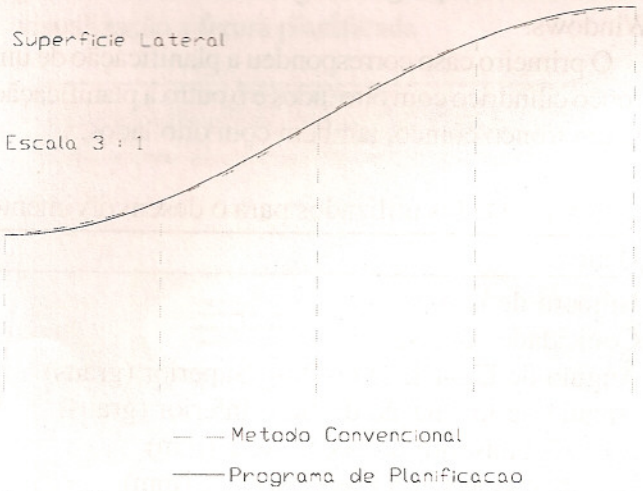


Figura 18. Diferença entre o programa de planificação e o método convencional para tronco de cilindro

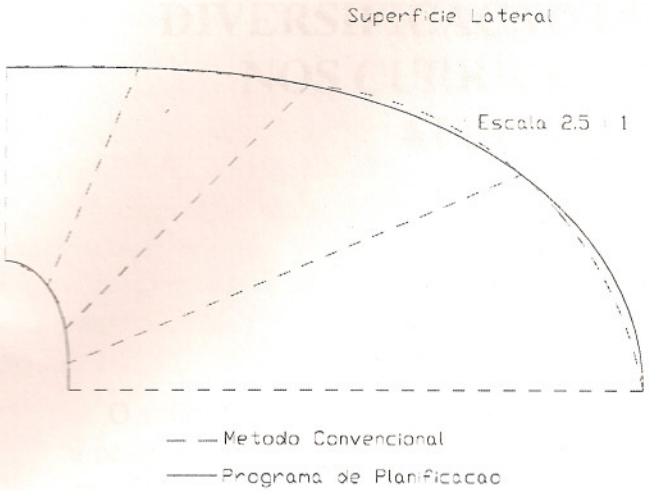


Figura 19. Diferença entre o programa de planificação e o método convencional para trono de cone

treinamento e aprendizagem na área de Projetos Mecânicos, entretanto poderá ainda ser complementado no futuro com outras facilidades que darão maior desenvolvimento ao programa e realimentarão o processo didático proposto.

Como sugestões podemos citar, a criação de um código para o ângulo de defasagem entre as bases; o cálculo de ângulo de dobragem normal à superfície; a criação da opção de imprimir um arquivo apenas com as coordenadas dos pontos da figura planificada.

Além disso, pode-se estudar outras formas primitivas com número diferentes de lados para as bases superior e inferior; com possibilidade de bases não regulares (lados de tamanhos diferentes) e ainda seções transversais quaisquer (não necessariamente inscritas em um círculo e formas convexas).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] LOBJOIS, C., H., "Desenvolvimento de Chapas", Hemus Ed., 1977

[2] COTANI, G., "Técnica Del Trazado en Calderería", José Montesó Ed., 1968

[3] PROVENSA, "Desenhista de Máquinas", Pro-Tec Ed., 1990

[4] DO PIETRO, D., "Geometria Descriptiva", Libreria y Editora Alsina, 1997, Buenos Aires

[5] HOLZNER, Steven, "Visual Basic for Windows versão 3.0", Berkeley Ed., 1994.

[6] WANG, Wallace, "Visual Basic 3 for Windows para Leigos", Berkeley Ed., 1994.

[7] OMURA, George, "Dominando o AutoCad versão 12", LTC - Livros Técnicos e Científicos Ed., 1993.

[8] LEITE, Waldomiro, J., S., "Autolisp : Guia da Linguagem de Programação do AutoCad", Érica Ed., 1989.

[9] THOMAS, Robert, M., "Técnicas Avançadas em AutoCad", Ciência Moderna Ed., 1989.

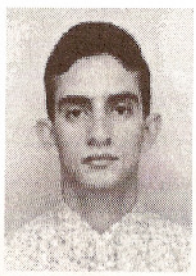
[10] AUTOCAD, "Development System. Programmer`s Reference Manual", Autodesk, 1992.

[11] AUTOLISP, Release 12. "Programmer`s Reference Manual", Autodesk, 1992.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

Antônio Eustáquio de Melo Pertence

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Minas Gerais (1980), Mestre em Engenharia Metalúrgica pela UFMG (1987), Doutor em Engenharia Metalúrgica pela UFMG (1994), Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica, lecionando as disciplinas de Desenho Mecânico, Projetos Mecânicos e Máquinas de Levantamento e Transporte.



Luiz Malta Laudares Júnior

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Minas Gerais (1999), Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais na área de Projetos Mecânicos.

DIVERSIFICAÇÃO DE TÉCNICAS DE ENSINO NOS CURRÍCULOS DE ENGENHARIA: APLICAÇÃO E ANÁLISE

Maria de Fátima Souza e Silva[1]

RESUMO

O artigo apresenta diretrizes para embasar uma mudança no currículo de engenharia que inclua a pesquisa como princípio educativo. Estas diretrizes foram elaboradas a partir da análise das condições que o sistema de ensino universitário oferece para isto. Os aspectos analisados são tanto internos à própria universidade, como administração, recursos, preparação de professores, quanto externos, tais como a experiência pregressa dos alunos e a integração entre a universidade e o setor produtivo. A análise foi realizada a partir de atividades propostas para alunos de graduação do curso de engenharia civil, durante cinco semestres consecutivos.

Palavras-Chaves: Técnica de ensino, ensino de gerenciamento de construção

ABSTRACT

The article presents directives as a basis to a change in engineering curriculum that includes research as an educational principle. Directives were elaborated from the analysis of the conditions offered by the University Educational System. Analyzed aspects are both internal, like, administration, funds and staff training, as well as external, such as previous student experience, and integration between industry and university. The present analysis was carried out from proposed activities for Civil Engineering undergraduate students, for five consecutive semesters.

Keywords: Teaching técnic, teaching construction menegement

INTRODUÇÃO

A discussão acerca das mudanças necessárias ao sistema de ensino como um todo e em engenharia especificamente tem sido uma constante em todas as instâncias da sociedade. São exemplos disto, o debate nacional estabelecido através do Programa de Desenvolvimento em Engenharia (MCT, 1995) e a pesquisa realizada no período de 95 a 97 pelo McKinsey Global Institute (PBQP-H 1997), a qual comparou o setor da construção civil nacional com o americano. Segundo esta pesquisa, numa escala de 1 a 130, tendo como 130 a produtividade norte-americana, a construção no Brasil possui apenas 35 pontos. Investimentos adequados, segue a pesquisa, poderiam render um crescimento significativo na produtividade brasileira. A formação de engenheiros civis que intervenham no processo de produção visando contribuir para avanços tecnológicos, seria um destes investimentos.

As mudanças que estão sendo propostas ao sistema de ensino, podem ser as apresentadas por vários autores em publicações específicas sobre o assunto(ENGENEIRO 2001, 1997) e referem-se às modificações profundas no processo pedagógico, como o deslocamento do eixo professor-aluno para o ensino participativo, aproximação intensa com a pós-graduação e com atividades científicas. São

[1] Professora, Mestre. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Campus Universitário, Asa Norte. CEP 70910 - 900, Brasília, DF. Fone: (0xx61) 307 2325, Fax: (0xx61) 273 4644. E-mail: souesil@unb.br

propostas, também, a aproximação com o setor produtivo e a formação de parques tecnológicos e de inclusão de incubadoras de empresas, o estímulo ao desenvolvimento de competências individuais, a reorganização de diplomas e flexibilização para novas áreas.

Opiniões foram apresentadas por vários autores quanto as mudanças em questão(ENGENEIRO 2001, 1997). Entre elas os aspectos relativos à estrutura curricular dos curso de engenharia, apontando as condições que a mesma deve ter para solucionar problemas da sociedade, através da oferta de conhecimentos das ciências, tecnologia, questões de segurança e qualidade, políticas de transformação e legislação, normalização, ações ambientais, cultura geral, administração e gerenciamento. Quanto ao processo ensino-aprendizagem, os autores colocam que o entendimento deve ser considerado como prioritário, pois o conhecimento pode ser assimilado quase instantaneamente, enquanto que habilidade e entendimento consomem tempo para serem adquiridos.

A quantidade de informação a ser memorizada, outra preocupação atual, deve ser reduzida, concentrando-se o currículo na transferência de conceitos básicos e na prática das habilidades necessárias ao engenheiro, o que exige que o número de disciplinas por semestre seja adequado para que o aluno possa centrar sua atenção no fundamental. Além disto, é importante o relacionamento interdisciplinar (ENGENEIRO 2001,1997).

Quanto ao conteúdo, a proposta que os autores apresentam é de redução em duas grandes vertentes: uma com os princípios fundamentais e outra com os elementos de integração curricular, tendo as disciplinas, como núcleo fundamental, os princípios básicos que vão garantir a sobrevivência do profissional.

Finalmente, vem sendo apontado também, a redução de aulas presenciais, uma infra-estrutura mínima com bibliotecas, videotecas, multimídias, etc, discussões do curso entre professores e integração da sociedade aos conselhos consultivos dos departamentos.

Quanto à introdução da pesquisa como princípio científico e educativo, o principal desafio é transpor a prática dos professores, de apenas ensinar, e dos alunos, de apenas aprender DEMO (1997), conduzindo o processo cognitivo em sala de aula de maneira a oportunizar a construção do conhecimento para todos os envolvidos no processo, com interação entre professores e alunos, pesquisadores, funcionários e comunidade em geral. O aluno deve aprender a aprender, usufruindo de todos os recursos a seu alcance, como informações, computadores, softwares, etc. A criatividade e motivação na busca de novos conhecimentos devem ser incentivadas através da associação do conhecimento técnico a conhecimentos gerais e específicos, utilizando mais racionalmente os tempos de construção de conhecimento e das perturbações que o professor, enquanto orientador do processo ensino-aprendizagem, deve provocar. Não deve ser desconsiderado, também, o nível cultural com que o aluno chega à sala de aula, visando a construir com ele o conhecimento a partir dali e não a partir de um utópico nível predeterminado unilateralmente.

Estas considerações teórico/conceituais são objetos de reflexão para o delineamento de uma prática de ensino nas disciplinas relativas à gerência da produção do ambiente construído. A partir do delineamento destas práticas pretende-se tornar o processo de ensino operacionalmente mais adequado.

PROCEDIMENTO DE ANÁLISE

A reflexão baseou-se no propósito de verificar a possibilidade de inclusão da pesquisa como princípio científico e educativo, tendo como referência:

- a contribuição dos professores, alunos, pesquisadores, funcionários e comunidade na construção do conhecimento;
- a possibilidade do aluno aprender usufruindo de todos os recursos ao seu alcance como informações, computadores, softwares, etc;
- a associatividade que o aluno realiza entre conhecimentos técnicos, gerais e específicos;
- as evidências de busca de novos conhecimentos apresentadas pelos alunos;
- o uso racional dos tempos de construção do conhecimento através de provocações geradas pelo professor;
- a reação do aluno à proposta de construção de um conhecimento a partir da predeterminação unilateral do professor;
- condição de atuação dos alunos no campo de estudo fornecido;
- o desempenho dos alunos considerando a sua experiência pregressa;

- o papel da organização, relação e hierarquização das informações oferecidas aos alunos;
- a importância da discussão e orientação docente;
- pertinência da experiência para aplicação, avaliação e inter-relacionamento de conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do aluno.

A análise não foi divulgada previamente. Esta medida visava a garantir a situação original sem provocar reações de resistência.

Alguns dos aspectos analisados foram quantificados, outros apenas analisados qualitativamente, considerando tratar aqui de um estudo exploratório. A partir deste, pretende-se desenvolver uma análise mais dirigida.

CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO ANALISADA

A análise foi realizada tendo como contexto três disciplinas a saber:

1) Planejamento e Controle de Construções (PCC), obrigatória, com 30 alunos em média e com o objetivo específico de *propiciar ao aluno o conhecimento e domínio de conceitos sobre o processo construtivo, nas suas etapas de orçamento, planejamento, execução, manutenção e uso, bem como aquelas referentes ao controle e garantia da qualidade na construção.*

2) Tecnologia das Construções II (TCII), optativa, com 5 alunos em média, e com objetivo específico de apresentar *ao aluno conceitos que embasam os aspectos envolvidos em intervenções em empresas de construção visando a implantação de métodos de desenvolvimento técnico-organizacional nas etapas de planejamento, execução, manutenção e uso de edificações.*

3) Gerência de Projetos de Engenharia(GPE), optativa, com 26 alunos em média com o objetivo específico de *possibilitar condições para que os alunos desenvolvam habilidades para a participação, condução e gerenciamento de algumas atribuições profissionais dos engenheiros civis e arquitetos a partir de atividades de projeto, otimizações, modelos e simulações, pesquisa bibliográfica, além da formação básica da criatividade e de alguns processos básicos de engenharia e arquitetura.*

Estas disciplinas, todas com carga horária de 60 horas aula, têm como objetivo a gerência ou o gerenciamento do processo de produção do ambiente construído que, segundo definição sintetizada a partir de vários autores, (Schmitt, 1990; Hirota, 1997; Pereia 1997; Saldanha, 1995), pode ser considerada como a alocação e direção eficiente dos recursos materiais, humanos, financeiros e técnicos, objetivando a realização de empreendimentos dentro do prazo, do custo e da qualidade pré estabelecidos.

Saldanha, 1995 agrupou os conhecimentos que o gerente deve possuir, para alcançar este objetivo em 5 campos distintos a saber:

Grupo 1 - atributos de caráter não específico de qualquer área de conhecimento: comunicar, liderar e negociar;

Grupo 2 - funções associadas aos aspectos econômicos principalmente a administração de empresas: contabilidade, economia, finanças, marketing, aspectos legais e administração de recursos humanos;

Grupo 3 - conhecimentos associados à engenharia de produção, como, através da pesquisa operacional definir a localização industrial, o fluxo de insumos, a análise estatística, o controle de estoques, o layout, a matemática financeira, a análise de balanço, os índices econômicos e análise de riscos, a medição da produtividade, o controle de custo e de qualidade, a análise de operações, a segurança do trabalho e o posicionamento das frentes de trabalho;

Grupo 4 - conhecimentos de engenharia civil, mais especificamente da área de construção civil, tais como executar planejamento e programação através de técnicas existentes, elaborar orçamento definitivo e atuar na direção de contratos;

Grupo 5 - conhecimentos mais especificamente ligados à engenharia civil como, avaliar métodos e materiais alternativos de construção e dominar tópicos específicos relativos às diversas etapas da construção de obras.

Desta forma, as disciplinas abordam conteúdos relativos a estes grupos de conhecimento. No quadro 1 apresenta-se a pontuação de 1 a 3 atribuída aos grupos de conhecimento abordados em cada disciplina.

O valor 1 significa que o grupo de conhecimento não é abordado no programa da disciplina. O valor 2 significa que o grupo é abordado mas não faz parte do objetivo principal da disciplina e, finalmente, o valor 3 significa que o grupo de conhecimento faz parte do objetivo principal da disciplina.

Quadro 1. Enfoques de cada grupo de conhecimento às disciplinas analisadas

Disciplina	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
PCC	2	2	3	3	2
TC II	2	3	3	1	3
GPE	3	2	1	2	3

SITUAÇÕES DE ENSINO PROPOSTAS

Técnicas de Ensino

Ao longo dos cinco semestres em análise, utilizou-se uma série de técnicas que tinham por objetivo incentivar o comprometimento do aluno com o seu processo individual de aprendizagem e, ao mesmo tempo, evitar enfoque exclusivo sobre as questões técnicas de engenharia, possibilitando aos alunos desenvolver a habilidade de aprender com e na situação vivenciada. No quadro 2 apresenta-se a freqüência de ocorrência das diversas técnicas de ensino propostas neste período.

Técnicas de Avaliação

Os alunos foram avaliados por instrumentos diversos, como a avaliação com e sem consulta imediata, seminários relativos aos conteúdos, defesas de propostas de planejamento, textos de elaboração própria e estudos dirigidos.

A avaliação das apresentações dos trabalhos em seminários e defesas de propostas de planejamento é realizada pelos próprios alunos, que assistem ao grupo que está apresentando. Este instrumento, mais que a finalidade de avaliar, tem o objetivo de desafiar o aluno a tomar decisões. Observa-se a preocupação dos alunos em não serem rigorosos na avaliação dos colegas, uma vez que a pontuação entre os grupos varia entre 90 e 100 pontos apenas. Dificilmente atribuem uma pontuação menor que esta faixa. O gráfico 1 apresenta os instrumentos de avaliação utilizados e os resultados obtidos pelos 32 alunos, no quarto semestre que estava sendo ministrada a disciplina de PCC.

Instrumentos de Apoio

Para o desenvolvimento das disciplinas e para a aplicação das técnicas de ensino citadas providenciaram-se as seguintes condições de apoio:

- aquisição de programas computacionais específicos para orçamento e treinamento de recursos humanos na sua utilização para facilitar a divulgação dos mesmos entre os alunos;
- facilitação do acesso à bibliografia através de convênio com editora especializada;
- disponibilidade de textos orientativos contendo notas de aula e artigos relativos aos assuntos tratados ao longo das disciplinas;

Quadro 2. Técnicas de ensino propostas

Técnicas de ensino propostas	PCC SEMESTRES 1	2	3	4	5
Não utilização de textos de referência	■				
Utilização de textos de referência		■	■	■	■
Sem proposição de exercícios dirigidos	■	■			
Visita em laboratório de tecnologia construtiva					
Utilização de programa computacional sem acompanhamento		■			
Técnica de ensino predominante aula expositiva	■	■	■	■	■
Proposição de estudo aplicando metodologia científica				■	
Mesa de discussão					■
Apresentação de seminário		■		■	■
Utilização de programa computacional com acompanhamento			■		
Simulação por meio de modelo reduzido para vivenciar situação de produção de obra			■	■	■
Simulação de licitação					■
Elaboração conjunta de banco de dados					
Palestra com profissional externo			■	■	■
Proposta de exercícios dirigidos				■	■

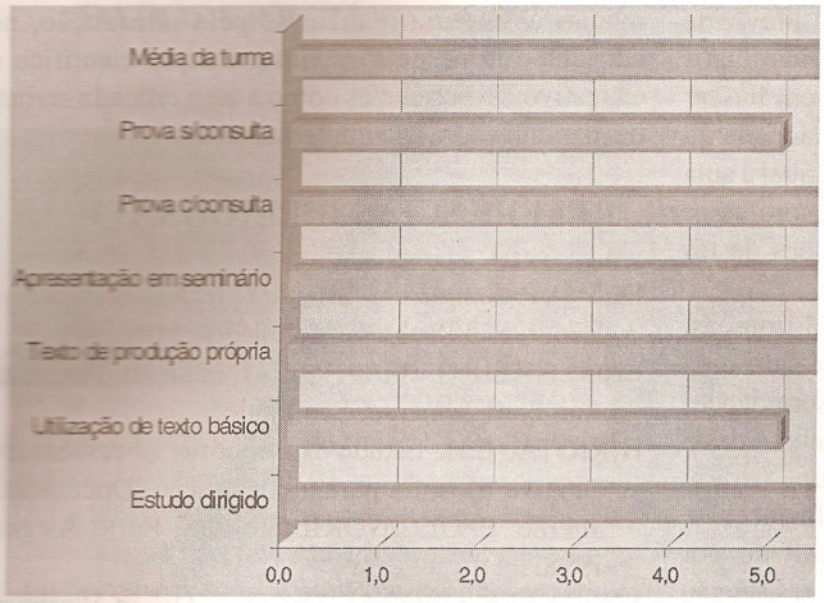


Gráfico 1. Instrumentos de avaliação e desempenho global da turma

- contato com instituições e empresas para disponibilizar palestra com profissionais externos, experientes nos conteúdos relativos às disciplinas, entre eles arquitetos, engenheiros e psicólogos.

CONCLUSÃO

A análise dos dados e fatos possibilita algumas inferências a respeito dos aspectos envolvidos aqui.

Quanto à estrutura curricular, embora a experiência tenha tratado da questão específica da área de conhecimento relativa a gerenciamento da produção do ambiente construído, observa-se a necessidade de discutir a estrutura curricular a partir do inter-relacionamento entre os conhecimentos envolvidos e as diversas disciplinas oferecidas na grade curricular. Desta forma, garante-se que conceitos não sejam exageradamente repetidos. O procedimento proposto no quadro 1 pode ser uma direção a ser seguida neste sentido.

Sobre a importância deste inter-relacionamento para a definição da estrutura curricular, pode-se citar sua contribuição no estabelecimento de uma missão ou política institucional pois esta é, ainda, indefinida dentro das instituições de ensino e poderia ser um importante elemento de integração curricular entre as atividades de pesquisa, ensino e extensão. A integração das atividades de uma instituição depende da adoção de uma filosofia organizacional sistêmica, que pode ser a partir da explicitação de sua missão ou propósitos, tal como o setor produtivo vem fazendo.

A aquisição de conhecimento e o desenvolvimento de entendimento e de habilidades são pouco sistematizados. A justificativa é a cultura institucionalizada durante anos, através do uso de técnicas de ensino baseada em aulas expositivas, norteadas pelo princípio de que a aquisição de conhecimento teórico permitirá uma atuação adequada ao futuro profissional. Tem-se observado que este princípio não se realiza integralmente na prática. Portanto, percebe-se a necessidade de que as teorias educacionais sejam mais conhecidas pelos professores e dirigentes de cursos de engenharia para que outras práticas possam ser utilizadas em seus processos de ensino-aprendizagem e que as modificações daí decorrentes sejam geridas adequadamente.

De uma forma geral, observou-se que os alunos que apresentaram melhor desempenho nas três disciplinas foram aqueles que já traziam uma experiência de trabalho de pesquisa acadêmica em sua história pregressa, ou que já atuavam profissionalmente. Esta constatação torna visível a importância de uma experiência orientada e monitorada, nos primeiros semestres do curso, onde conteúdos considerados essenciais para uma formação básica e sólida sejam oferecidos paralelamente com atividades de desenvolvimento de pesquisa e tecnologia.

Quanto à redução de informações e de aulas presenciais ocorrida a partir da proposição de ensino dirigido, esta foi uma prática positiva; no entanto, a concentração do currículo em conceitos básicos e o

desafio de desenvolver habilidades básicas através da integração curricular não foi enfrentado pelos alunos de uma forma satisfatória. A resistência em buscar subsídios em outras disciplinas está relacionada ao padrão comportamental predominante, no qual a aula é entendida como o ambiente onde cabe ao professor falar e ao aluno ouvir. Eventuais inversões destes papéis tradicionais não são bem aceitas.

A infra-estrutura mínima, como bibliotecas, multimeios e videotecas, não parece ter sido uma influência significativa na introdução das mudanças propostas. As dificuldades no aproveitamento desta infra-estrutura são muito mais de ordem organizacional do que física e de recursos financeiros. O acesso a esta infra-estrutura é dificultado por procedimentos burocráticos, o que gera resistência entre os alunos e professores.

A discussão do curso entre os professores talvez seja um dos aspectos mais difíceis de implantar. A política de avaliação do desempenho acadêmico através de resultados individuais leva a um desinteresse em investir em ganhos coletivos.

A integração da sociedade aos conselhos consultivos, experimentada no estudo de forma indireta, pôs à mostra dois pontos principais: a autoridade inquestionável da universidade como detentora de saber, o que inibe proposições contrárias à de seus representantes, e a possibilidade de utilização dos alunos como mão de obra gratuita, sem comprometimento com a questão do aprender.

Considerando os diversos campos de atuação da engenharia civil, a participação comprometida da sociedade nos conselhos consultivos deveria ser pautada pela possibilidade de interferência, não só no currículo, mas também no processo organizacional da universidade. O inverso também se faz necessário, isto é, a universidade deve solicitar as condições mínimas para a integração do processo produtivo com o processo educacional.

Este artigo propôs uma reflexão acerca da operacionalização das mudanças que vêm sendo buscadas com relação ao processo de ensino-aprendizagem nos cursos de engenharia. Esta mudança, poderia realizar-se pela introdução, no currículo, da pesquisa como princípio científico e educativo. Experiências como a aqui relatada seriam um caminho para sua implementação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

DEMO, P. *Pesquisa: princípio científico e educativo.* 5 ed. – São Paulo: Cortez, 1997

ENGENHEIRO 2001(1997). Fundação Vanzolini Ano 2, nº 2, março. São Paulo.

HIRIOTA, E.H. Estudo exploratório sobre o ensino da nova filosofia para a construção. Documento interno. PPGEC/NORIE/UFRGS, Porto Alegre, 1998.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE in Workhop Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade da Construção Habitacional. Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana. Brasília, Nov. 1997.

MCT, 1995. Ministério da Ciência e Tecnologia e Ministério da Educação e do Desporto. "PRODENGE – Programa de Desenvolvimento das Engenharias. Documento Básico".

PEREIRA, L. T. Ensino de engenharia: na busca de seu aprimoramento / Luiz Teixiera do Vale Pereira, Walter Antônio Bazzo. – Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1997.

SALDANHA, B. *Gerenciamento da Construção: notas de aula.* PGEC/PUC/RS. 1995.

SCHIMITT, C. *Gerenciamento de obras: notas de aula.* UFRGS/1988. Porto Alegre/RS

SILVA, M.F.S. *Formação profissional de operários da indústria da construção* civil. Dissertação de Mestrado, PPGEC/UFRGS, Porto Alegre, 1995.

UFMG, *Modernização curricular do curso de graduação em engenharia civil da Universidade Federal de Minas Gerais: projeto de mudança curricular.* Belo Horizonte, novembro de 1997.

VERGNAUD, G., *A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos.* Pág. 9-20. Revista do GEEMPA, Porto Alegre, julho 96.

DADOS BIOGRÁFICOS DO AUTOR

Maria de Fátima Souza e Silva

Graduada em Engenharia Civil pela UFSM,1986 e Licenciatura plena em Matemática e Física pela FIC/Santa Maria – RS - (1983). Mestrado em Engenharia Civil NORIE/UFRGS, 1995. Atualmente exerce função de professora assistente II no Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília. Atuação profissional na área de gerenciamento de obras incluindo formação profissional de operários, formação continuada de engenheiros, implantação de inovações tecnológicas, gerenciamento de projetos e preparação de empresas para a certificação ISO 9000. As áreas de interesses no campo da educação da engenharia são avaliação e projeto pedagógico, diretrizes curriculares, educação continuada, engenharia, qualidade e competitividade e integração universidade empresa.

MÓDULO DIDÁTICO PARA ACESSO AO DESEMPENHO UNIDIRECIONAL DA SSP (*STANDARD PARALLEL PORT*) DOS PC's UTILIZANDO O COMPILADOR C++

Manuel Martín Pérez Reimbold[1], Luiz Antônio Rasia[2] & Marlon Weber[3]

RESUMO

O objetivo deste trabalho é projetar e desenvolver um recurso de ensino, compacto, portátil e de baixo custo e que permita aos professores e alunos dos Cursos de Engenharia Elétrica e Computação, estudar o desempenho da SPP e os comandos das instruções de programação utilizando, para este caso, o compilador C++. O conjunto, *hardware* e *software,* facilita a compreensão dos sinais disponíveis em cada um dos pinos do conector da SPP, oferecendo a oportunidade para implementar formas diferentes de controle e aquisição de dados que não sejam, unicamente, as disponíveis no mercado industrial. Por outro lado, evita a necessidade de ter o processo sob controle físico ou químico, ligado diretamente à SPP eliminando a possibilidade de danos no equipamento e risco de acidente ao aluno. O módulo é um recurso de ensino que motiva e desperta os alunos a conceber tecnologias de comunicação, favorecendo a capacidade de observação da realidade, oferecendo informações e dados que permitem a fixação de conceitos e desenvolve a experimentação concreta. Assim, este recurso é uma nova ferramenta no ensino de Engenharia.

Palavras-Chave: porta paralela, computadores pessoais, aquisição de dados, módulo didático

ABSTRACT

The aim of this paper is to project and develop a low cost portable, compact didactic module which allows teachers and students of electrical engineering and computation to study the performance of the SPP under the programming instructions using, in this case, the C++ compiler. The set hardware and software eases the comprehension of the signals available in each SPP pine offering the opportunity to create different ways of data acquisition and control others than the ones offered by the industrial market. On the other hand, it avoids the necessity of having the process under physical or chemical control. Having it directly connected to the SPP eliminates the possibility of the damages in the equipment and the risk of accidents. The module is a teaching resource which motivates and allows the students to conceive communication technologies, promoting their capacity of observing the reality, offering information and data which permit the consolidation of concepts and development of examination. Thus, this resource is a pretty new tool at the teaching of engineering.

Keywords: parallel port, personal computers, acquisition dates, didactic module

[1] Professor, Mestre. Departamento de Tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI. R. São Francisco, 501, Ijuí, RS. CEP 98700 - 000. Fone: (0xx55) 332 7100. E-mail: manolo@unijui.tche.br

[2] Professor, Mestre. Departamento de Física, Estatística e Matemática, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI. R. São Francisco, 501, Ijuí, RS. CEP 98700 - 000. Fone: (0xx55) 332 7100. E-mail: rasia@unijui.tche.br

[3] Acadêmico. Curso de Engenharia Elétrica Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI. R. São Francisco, 501, Ijuí, RS. CEP 98700 - 000. Fone: (0xx55) 332 7100. E-mail: weber@detec.unijui.tche.br

INTRODUÇÃO

Constata-se que a maioria dos acadêmicos dos cursos de Engenharia Elétrica e Computação não percebe a facilidade de uso da SPP para implementar técnicas de aquisição de dados, indispensáveis em qualquer processo de instrumentação.

Preocupados com esta situação os professores do GIEE (Grupo de Instrumentação Eletro-Eletrônica) buscaram fundamentos na Didática. Desse modo, foi projetado e desenvolvido um recurso de ensino, componente para o ambiente de aprendizagem que estimula a concepção de novas idéias.

Pesquisas revelam que o homem aprende 83% através da visão, consegue reter 70% do que ouve e discute, mas ouvindo e praticando retêm 90% da aprendizagem. Essa mesma pesquisa também estabelece que, quando o método de ensino é visual e oral 85% é retido pelos acadêmicos até 3 horas, após três dias 65% permanecerá retido (PETTI, 1986). Para que este recurso de ensino proposto melhore a aprendizagem em disciplinas como: aquisição de dados, instrumentação, informática industrial, medidas elétricas, eletroterapia entre outras, alguns princípios como: motivar; observar; aproximar da realidade; fornecer informações e dados; fixar conceitos; ilustrar noções mais abstratas e desenvolver experimentação concreta foram considerados diretrizes.

Portanto, o recurso de ensino desenvolvido neste trabalho, auxilia os alunos neste processo de aprendizagem.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Geralmente, quando nossos acadêmicos pensam em interfaceamento de PCs com outros dispositivos, imediatamente, a porta serial é a primeira opção. Esta apresenta uma série de vantagens técnicas quando comparada com a SPP. Do ponto de vista econômico a porta paralela é a mais conveniente. Assim, por que não pensar na utilização da porta paralela como uma solução viável e imediata pelo menos numa primeira instância? Constata-se que com o conhecimento da arquitetura, sinais disponíveis (elétricos ou lógicos), instruções de *softwares* de programação da SPP, é possível implementar técnicas de aquisição de dados, indispensáveis, para qualquer processo de instrumentação.

Se os fatores, taxa de transmissão e distância de comunicação, não forem críticos, o benefício em utilizar a SPP é elevado. Neste caso, o tempo gasto em dominar instruções de *software* é menor e a implementação de uma interface em *hardware* oferece simplicidade, facilidade e baixo custo. Este fato é interessante e preponderante quando o que se quer não é ser um simples usuário, mas sim saber como se implementam os processos de transcepção entre computador e periféricos através das portas I/O.

COMUNICAÇÃO EM PARALELO

A comunicação paralela implica transferência simultânea de todos os bits que compõem o byte. Esse método de transmissão e recepção é utilizado nas ligações internas dos computadores e ligações entre computador e periféricos bastante próximos (DA SILVEIRA, 1991). A Figura 1 mostra o conceito da transmissão paralela.

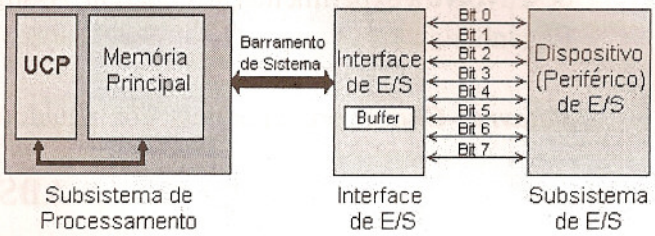


Figura 1. Comunicação paralela

Na comunicação em paralelo, os dados são transferidos em grupos de bits simultaneamente a cada ciclo, em geral byte a byte, através de diversas linhas condutoras de sinais e, neste caso, a taxa de transferência de dados (*throughput*) é alta.

A PORTA PARALELA PADRÃO – SPP

A porta paralela original, denominada de SPP, possui 17 linhas de sinais e 8 linhas ligadas à massa do computador. As linhas de sinais são subdivididas em 8 linhas de dados, 5 linhas de estado e 4 linhas de controle, as quais permitem transferência de informações no sentido do computador para o periférico conforme cada registrador seja instruído por *software*. Nada impede a articulação de estratégias para permitir a transferência de informações no sentido do periférico para o computador, não sendo este o objetivo do trabalho proposto (ZELENOVSKY & MENDOÇA, 1996).

Registradores da SPP

Nossos acadêmicos, geralmente, concebem a porta paralela como uma porta destinada unicamente para transmissão de dados, mas conforme interagem com SPP, observam que é definida a partir de um número específico de bits para dados, estado e controle. Cada grupo desses deve ser gerenciado por um registrador. Assim, a SPP é formada por três registradores, onde cada um possui seu próprio endereço, arquitetura, direção de saídas, sinais elétricos e lógicos e distribuição física de pinos, que é padronizada para os diferentes tipos de conectores.

Registrador de dados

Normalmente, este registrador escreve somente na porta SPP utilizando 8 bits ou um byte. É um registrador que não pode receber dados do meio externo, mas nada impede que o dado escrito pelo computador possa ser verificado, fazendo a leitura do mesmo. A Tabela 1 descreve a formação do byte utilizado por este registrador.

Tabela 1. O byte do registrador de dados

Leitura ou Escrita	Bit N°	Propriedade	S/E
Somente escreve	Bit 7	Dado 7	Saída
	Bit 6	Dado 6	Saída
	Bit 5	Dado 5	Saída
	Bit 4	Dado 4	Saída
	Bit 3	Dado 3	Saída
	Bit 2	Dado 2	Saída
	Bit 1	Dado 1	Saída
	Bit 0	Dado 0	Saída

Registrador de estado

O registrador de estado somente lê a porta. É conveniente salientar que qualquer dado enviado pelo computador ao registrador é ignorado. Utiliza-se para verificar acontecimentos ou eventos externos ao PC. Um exemplo, é a indicação de periférico ligado, ou desligado. Este registrador é composto de 5 bits mais significativos do byte de estado. Os 3 bits menos significativos não são utilizados como mostra a Tabela 2.

Registrador de controle

O registrador de controle é destinado, também, para escrever na porta SPP. São quatro bits de controle

Tabela 2. O byte do registrador de estado

Leitura ou Escrita	Bit N°	Propriedade	S/E
Somente lê	Bit 7	Estado 5	Entrada
	Bit 6	Estado 4	Entrada
	Bit 5	Estado 3	Entrada
	Bit 4	Estado 2	Entrada
	Bit 3	Estado 1	Entrada
	Bit 2	Reservado	
	Bit 1	Reservado	
	Bit 0	Reservado	

que correspondem aos bits menos significativos do byte, que podem ser utilizados para ativar funções próprias dos periféricos ou do próprio PC se for o caso. Na formação de um barramento de 12 bits, pode ser utilizados os 8 bits do registrador de dados mais os 4 bits de controle. Tudo é uma questão de estratégia. O byte do registrador de controle é descrito na Tabela 3.

Tabela 3. O byte do registrador de controle

Leitura ou Escrita	Bit N°	Propriedade	S/E
Lê/Escreve	Bit 7	Não usado	
	Bit 6	Não usado	
	Bit 5	Não usado	
	Bit 4	Não usado	
	Bit 3	Controle 3	Saída
	Bit 2	Controle 2	Saída
	Bit 1	Controle 1	Saída
	Bit 0	Controle 0	Saída

Endereços dos Registradores da SPP

Inicialmente, contava-se com um único endereço para controlar periféricos através da porta paralela, era o 3BCh. Tal endereço foi utilizado para acessar a porta paralela quando esta era incorporada nas placas de vídeo.

Como a SPP é formada por três registradores, cada um possui um endereço próprio, uma vez que cada um tem uma função especifica. Dentre os três há um que é hegemônico e denominado de "endereço base". Este endereço está sempre associado ao registrador de dados assim, os endereços bases mais comuns são o 378h e 278h. O PC aceita que sejam definidas até 120 portas paralelas.

O endereço base é reconhecido automaticamente pelo PC, sempre e quando seja configurado, neste caso o 378h. A partir deste momento o PC sabe que há mais dois endereços responsáveis pela comunicação. O segundo endereço é 379h que pertence ao registrador de estado e o terceiro é o 37Ah associado ao registrador de controle. O mesmo acontece com o endereço base 278h, onde o registrador de estado tem o endereço 279h e o registrador de controle o 27Ah, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4. Endereço dos registradores da porta SSP

Porta	Registro	Endereço
LPT1	Dados	378h
	Estado	379h
	Controle	37Ah
LPT2	Dados	278h
	Estado	279h
	Controle	27Ah

Os Conectores da Porta SPP e o Cabo Paralelo

Três diferentes conectores são especificados para uso da SPP. O primeiro denominado de tipo A, possui 25 pinos, e é comumente encontrado na porta paralela do computador. O segundo conector é o tipo B, que corresponde ao conector *centronics* de 36 pinos, é normalmente encontrado nas impressoras. O tipo C é um conector de 36 pinos, parecido com o *centronics*, mas é menor. Este conector é projetado para ter um encaixe melhor, possui propriedades elétricas melhores e apresenta maior facilidade de montagem. Ele contém 2 pinos extras para sinais que podem ser utilizados para verificar se há um outro dispositivo conectado. A Figura 2 apresenta tanto os conectores tipo fêmea como tipo macho e mostra a seqüência numérica dos pinos.

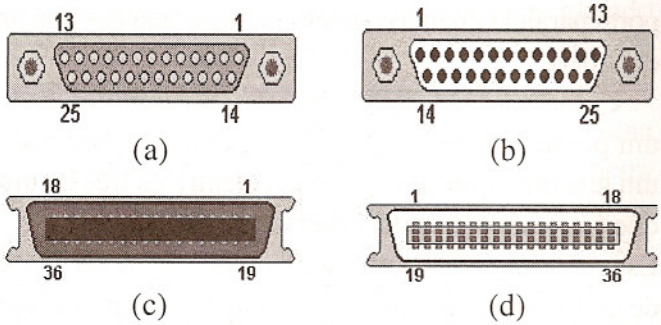


Figura 2. a) Tipo A fêmea; b) Tipo A macho; c) Tipo B fêmea; d) Tipo B macho

A ligação entre o conector DB-25 fêmea e o conector *centronics* macho é denominada de cabo paralelo. Entretanto, ao fazer a ligação, deve-se tomar cuidados com os pinos 15, 16 e 17 do DB-25 que não têm correspondência com os pinos do conector *centronics*. A Figura 3 mostra o esquema de ligação que deve ser efetuado para a construção de um cabo paralelo encontrado facilmente no comércio.

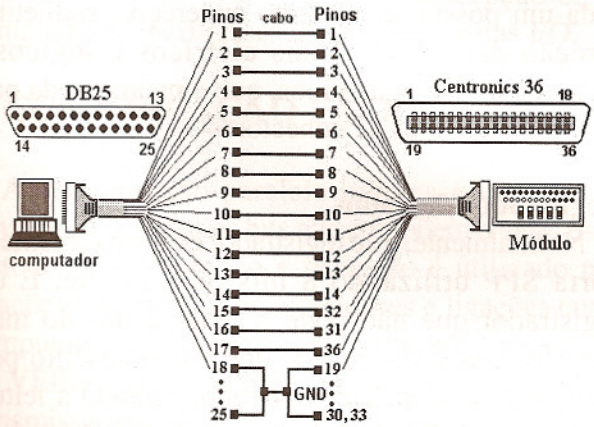


Figura 3. Esquema de ligação entre o DB-25 e o *Centronics*

Sinais Elétricos e Níveis Lógicos na SPP

Os sinais elétricos obedecem a níveis de tensão TTL (Transistor-Transistor-Logic). O sinal elétrico alto em TTL varia de +2.4 a +5 volts e o sinal elétrico baixo varia de 0 a +0.8 volts. A capacidade de fornecer e drenar corrente varia, dependendo do tipo de circuito lógico que foi adotado na implementação dos registradores da porta. A maioria das portas paralelas são, atualmente implementadas em ASICs (*Application-Specific Integrated Circuits*), podendo fornecer e drenar cerca de 12 mA.

A revista Saber Eletrônica de Agosto/1999 estabelece que: "por precaução, deve-se fazer experiências utilizando circuitos que forneçam/drenem no máximo 4 mA, satisfazendo assim o pior dos casos". Neste trabalho, para efeito de cálculo dos *drivers* na saída da porta adotou-se o critério de fornecimento de 20 mA e drenagem baixíssima, pois a fonte que alimenta o circuito não é a do computador e sim uma fonte externa.

Quanto aos sinais lógicos, um sinal elétrico alto corresponde a um sinal lógico alto, ou seja, 1. A mesma correspondência existirá para o sinal elétrico baixo, ao qual corresponde um sinal lógico baixo, ou seja, 0. Assim, quando escreve-se um byte através de

Tabela 5. Correspondência entre conectores, pinos e sinais lógicos

	Bit	Lógica	Direç
37 Ah	C3	Invertida	Saíd
	C2	Normal	Saíd
	C1	Invertida	Saíd
	C0	Invertida	Saíd
379 h	S7	Invertida	Entra
	S6	Normal	Entra
	S5	Normal	Entra
	S4	Normal	Entra
	S3	Normal	Entra
	D7	Normal	Saíd
	D6	Normal	Saíd
	D5	Normal	Saíd
	D4	Normal	Saíd
	D3	Normal	Saíd
	D2	Normal	Saíd
	D1	Normal	Saíd
	D0	Normal	Saíd

qualquer registrador eletricamente ter-se-á uma combinação de 5 ou 0 volts e logicamente uma combinação de 0s e 1s como é ensinado nas disciplinas de Eletrônica Digital.

Pontos importantes que o acadêmico que utiliza este recurso de ensino deve observar é a entrada do bit 7, do registrador de estado, correspondente ao pino 11 do DB-25, pois ela é invertida, ou seja, se houver nível lógico alto na entrada, este será lido como 0; e se houver nível lógico baixo, será lido como 1. O mesmo efeito deve-se notar nos bits do registrador de controle C0, C1 e C3, que correspondem aos pinos 1, 14 e 17, conforme mostra a Figura 4.

Drivers para Interfacear a SPP

Conhecendo-se os sinais disponíveis na SPP, tanto elétricos como lógicos, é possível que o acadêmico faça controle no sentido computador periférico. Para

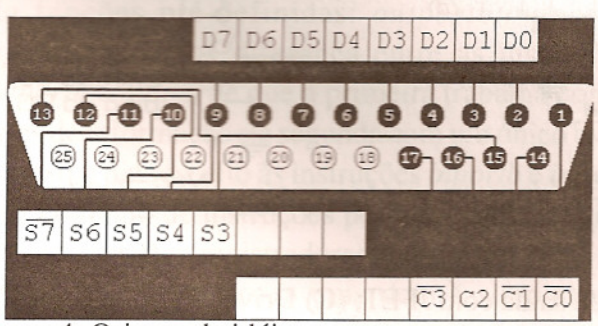


Figura 4. Origem da idéia

isto, é conveniente utilizar *drivers*, pois é perigoso depender da fonte de alimentação do PC. O recomendável é usar uma fonte externa de potência que alimente os periféricos com os quais deseja-se interfacear o PC (SEDRA & SMITH, 1995).

Como o objetivo primordial deste projeto é construir um recurso de ensino que permita observar e dominar o comportamento da SPP, optou-se por fazer interface com *leds*, pois conforme estabelecem pesquisas na área didática, 90% do que é visto e falado permanece retido no homem após 3 dias. Para identificar os diferentes registradores da SPP decidiu-se usar *leds* de cores diferentes: vermelha, para os pinos do registrador de dados, amarela para os pinos do registrador de estado e verde para o registrador de controle.

De acordo com a eletrônica, os *leds* de cores e tamanhos diferentes apresentam características elétricas diferentes. Além disso, deve-se considerar que conforme a luminosidade que se deseje, a corrente através dos mesmos, também é diferente. Todos esses fatores devem ser considerados no projeto dos *drivers*. A Tabela 6 mostra algumas características elétricas dos *leds* utilizados neste trabalho.

Cada um dos *drivers* especificados na Figura 5 deve ser implementado para cada pino. Se forem pinos para sinal de saída pode-se escolher entre os *drivers* da Figuras 5 (A), (B), (C) e (D). Para um sinal de

Tabela 6. Tensões/correntes para *leds* de 5 mm

Cor	Tensão volts	Corrente mA
Vermelho	1.65	20
Amarelo	2.0	10
Verde	2.0	50

entrada o circuito indicado é o da Figura 5 (E). Os drivers mais aconselhados a utilizar nas saídas são os implementados com JFET e opto-acopladores, pois o primeiro só precisa de tensão para trabalhar e o segundo, embora precise de corrente, permite isolar o circuito ou a carga a controlar através do PC. O circuito da Figura 5 (E) poderia implementar-se com opto-acopladores, mas foi considerado desnecessário, pois é o PC que determina a solicitação de corrente (BOYLESTAD, R. & NASHELSKY, 1984).

RECURSO DE ENSINO PARA ESTUDAR O DESEMPENHO DA SPP

O desenvolvimento do recurso de ensino foi feito baseando-se na Figura 4, a qual foi retirada do *site* http://www.senet.com.au/~cpeacock quando se fazia investigação sobre o comportamento da porta paralela. É comum utilizar os *drivers* apresentados nas Figuras 5 (C) e (E). Atualmente, está em desenvolvimento uma nova versão deste módulo, o qual está sendo implementado com *drivers* que utilizam opto-acopladores como os projetados na Figura 5 (D) visando proteger o PC.

O recurso de ensino desenvolvido pelo GIEE oferece oportunidade para implementar formas

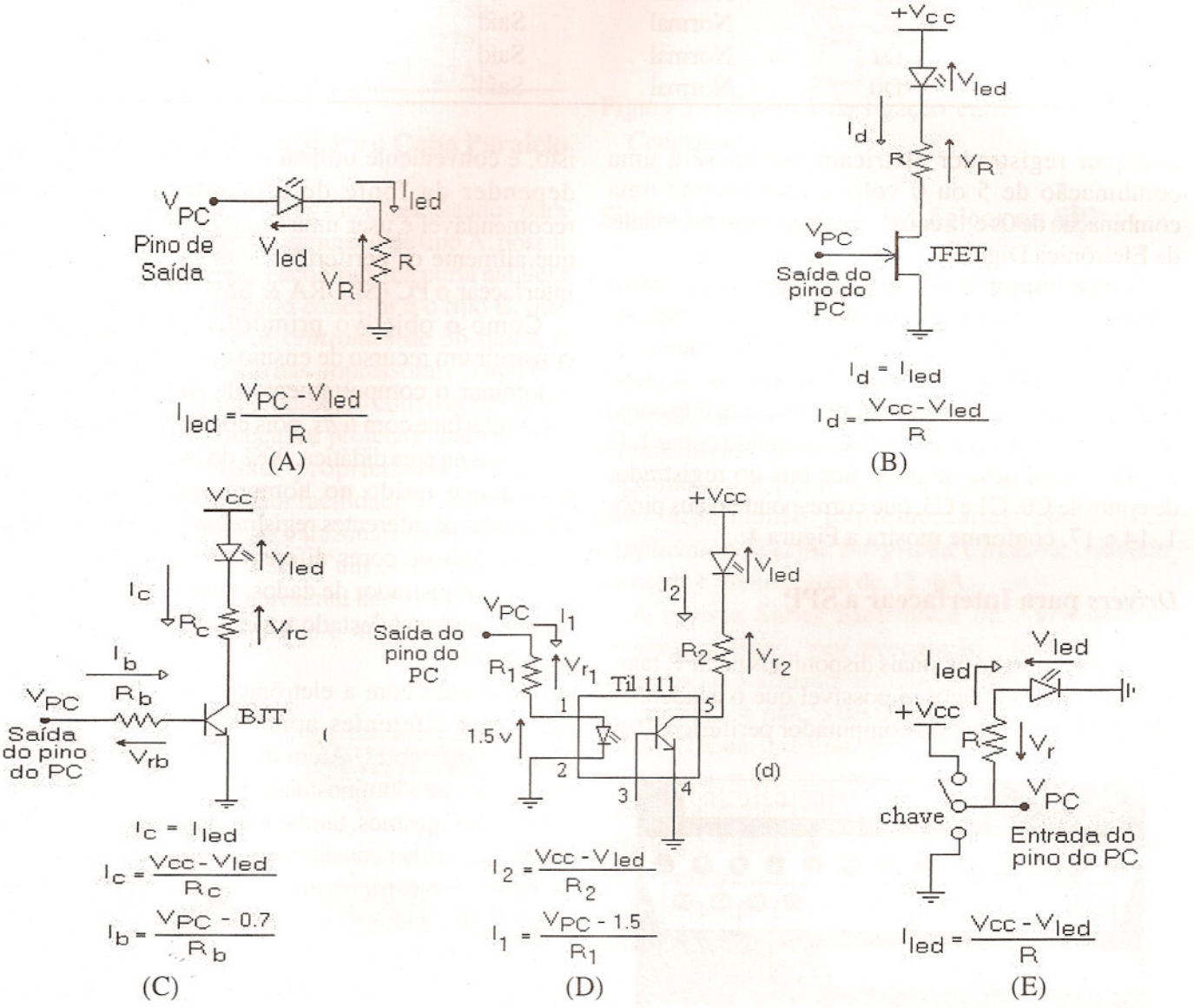


Figura 5. (A) Indicador diretamente na porta; (B) Driver de saída com JFET; (C) Driver de saída com BJT; (D) Driver com opto-acoplador; (E) Chave para simular entrada

diferentes de controle e aquisição de dados que não sejam, unicamente, as oferecidas no mercado industrial. Também, o recurso de ensino, motiva e incentiva a conceber novas tecnologias de comunicação entre máquina e processo. Por outro lado, evita-se a necessidade de ter o processo sob controle, físico ou químico, ligado diretamente à SPP eliminando-se com isso a possibilidade de danos no equipamento e riscos de acidentes ao usuário. Através do comportamento do liga-desliga dos *leds* o acadêmico verifica, passo a passo, se o *software* está tendo o desempenho desejado. Caso necessário, pode-se variar a velocidade de resposta conforme o *software* e o PC permitam. O recurso de ensino para estudo da SPP desenvolvido no Departamento de Tecnologia da UNIJUI é mostrado na Figura 6.

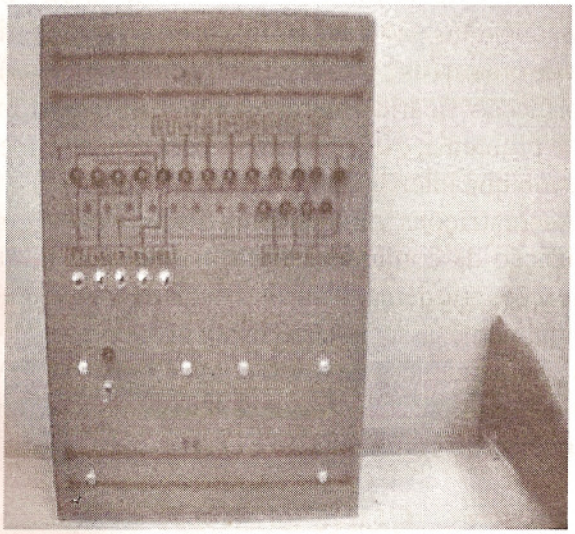


Figura 6. Módilo didático para estudo da SPP

DESEMPENHO DA SPP ATRAVÉS DO C++

O Turbo C e o Borland C/C++ são compiladores de nível científico e ambos proporcionam acesso às portas I/O dos microprocessadores da série 80x86 via funções pré-definidas: *outportb/outport* e *inportb/inport*. A diferença entre as instruções *outportb* e *outport* é que a primeira trabalha com 2 bytes de informação e a segunda com um único byte. O mesmo diz respeito às instruções *inportb* e *inport*. Este conjunto de instruções permite controlar bit a bit cada um dos registradores que fazem parte da SPP. A sintaxe de cada uma dela é simples e é mostrada a seguir:

outportb(0xendereço do registrador, **0x**byte**);**
outport(0xendereço do registrador, **0x**byte**);**

inportb(0xendereço do registrador**);**
inport(0xendereço do registrador**);**

O 0x serve para indicar que o número que está sendo esperado é um número hexadecimal. Anteriormente, os endereços dos registradores foram apresentados nessa base numérica. O mesmo acontece com o byte de dado, estado ou de controle. Interessante é observar que no módulo haverá uma coerência com o sistema hexadecimal indicada através dos *leds,* pois conforme se identifique nesses o bit menos significativo e o bit mais significativo, verificar-se-á que estarão apresentando o mesmo byte de dado, estado e controle contidos nas instruções de programação. Cuidado deve-se ter com a instrução *inportb/inport,* pois ela lê o valor do registrador e este deve ser guardado numa variável para posteriormente ser mostrado no monitor.

As funções *outport/inport* estão presentes na biblioteca *<dos.h>* do compilador C++ e deve ser inserida no programa. Outro cuidado que se deve ter é na utilização dos compiladores que trabalham em ambiente Windows, pois geram código para este ambiente por padrão. Isto torna necessária a criação de um projeto, escolhendo a plataforma em que o código deve ser gerado, no caso, DOS. Em caso de não observância destes o programa não funcionará a contento, para tal, é só acompanhar as Figuras 7, 8 e 9 que ilustram o processo.

Após ter preenchido todos os dados solicitados na Figura 9, o compilador está pronto para começar a receber as instruções e fazer os *links* necessários

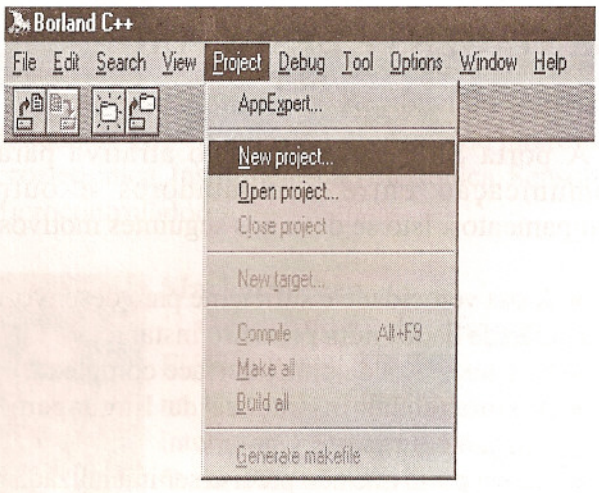


Figura 7. Escolhendo-se um novo projeto

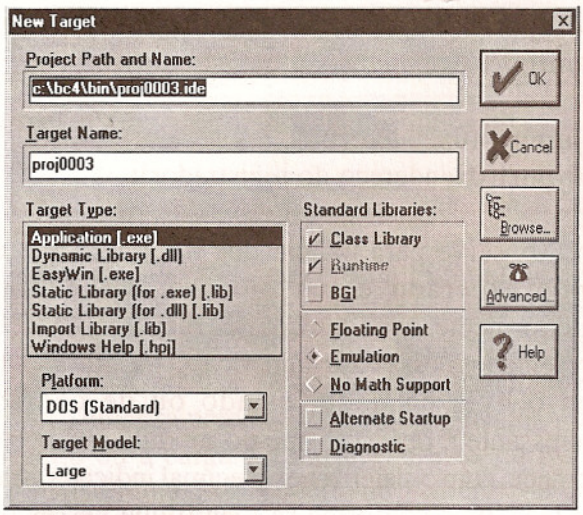


Figura 8. Caracterizando o projeto

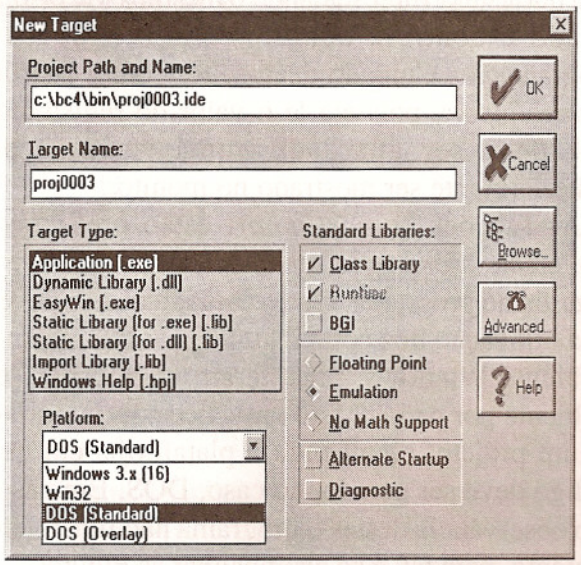


Figura 9. Qual a plataforma do trabalho?

com as bibliotecas. Se assim for feito, nenhum erro deverá aparecer na compilação do programa. (MIZRAHI, 1993).

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SPP

A porta SPP é uma solução atrativa para a comunicação entre computadores e outros equipamentos. Isto se deve aos seguintes motivos:

- A sua velocidade é suficiente para desenvolver aquisição de dados num primeiro instante.
- Não necessita de uma interface complexa.
- A sintaxe das instruções da linguagem de programação é simples.
- É uma porta que não precisa ser inicializada por software antes de realizar a transcepção.

Ao lado dessas vantagens, existem algumas desvantagens. Um dos problemas importantes diz respeito à propagação dos sinais no meio físico, isto é, no cabo de conexão entre o dispositivo e a interface. Essa propagação deve ser feita de modo que os sinais (os bits) correspondentes a cada byte cheguem simultaneamente à extremidade oposta do cabo onde, então, serão reagrupados em bytes. Como os condutores que compõem o cabo usualmente apresentam pequenas diferenças físicas, a velocidade de propagação dos sinais digitais nos condutores poderá ser ligeiramente diferente nos diversos fios. Dependendo do comprimento do cabo, pode ocorrer que um determinado fio conduza sinais mais rápido que os demais fios. Desta forma, um determinado bit em cada byte pode propagar-se mais rápido e chegar à extremidade do cabo antes que os outros n-1 bits do byte. Este fenômeno é chamado *skew*, e as conseqüências são catastróficas: os bits chegariam fora de ordem (os bytes chegariam embaralhados) e a informação ficaria irrecuperável. Em decorrência desse problema, é que há limites para o comprimento do cabo que interliga o PC ao periférico.

As restrições citadas contribuem para que a utilização da comunicação em paralelo se limite a aplicações que demandam altas taxas de transferência, normalmente, associadas a dispositivos mais velozes tais como unidades de disco como CD-ROM, DVD, ou mesmo impressoras, e que se situem muito próximo do núcleo do computador.

CONCLUSÕES

A realização desta investigação possibilitou inovar um recurso de ensino para a Engenharia Elétrica e Engenharia da Computação. É um recurso que traz uma série de benefícios para o aluno entre os quais podemos citar os seguintes: desenvolvimento da capacidade de observação quanto aos meios de comunicação dos PCs; motivação para compreender o funcionamento das portas I/O dos PCs, despertar seu interesse para o comportamento dos barramentos internos da máquina e ao mesmo tempo estimular sua criatividade para novas formas de protocolos de comunicação.

Como o recurso explora a apresentação dos resultados visualmente, o aluno pode fixar melhor a aprendizagem e ilustrar as noções abstratas da transmissão de dados. Por outro lado, o recurso oferece interação pois no momento de simular a

recepção de dados por parte do PC o aluno tem que selecionar o dado a ser enviado, nesse momento está desenvolvendo a experimentação concreta.

O recurso de ensino vai mostrar ao aluno que a SPP além de controlar a impressora, pode controlar outros dispositivos permitindo a implementação de uma incrível gama de possibilidades de interfaceamentos, cultivando a criatividade do aluno de engenharia.

Outra vantagem que o aluno pode observar, quando comparar a SPP e a porta serial, é a facilidade de programação que a SPP apresenta, embora neste trabalho não seja mostrada a variedade de programas que podem ser implementados, nosso objetivo é determinar, unicamente, as instruções que permitam o domínio de cada um dos pinos do barramento da SPP.

Pensando-se em novos estudos, o aluno poderá ser induzido a concentrar-se no desenvolvimento de estratégias de comunicação entre PCs, PCs e dispositivos, ambas de forma bidirecional, buscando otimizá-las. É possível, também, direcionar, pesquisar e investigar os avanços que estão ocorrendo na arquitetura da SPP, oferecendo novas alternativas para a comunicação entre máquinas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOYLESTAD, R. e NASHELSKY, L. *Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos.* 3. ed., Rio de Janeiro: Prentice/Hall do Brasil Ltda., 1984.

DA SILVEIRA, J. L. *Comunicação de Dados e Sistemas de Teleprocessamento.* São Paulo: MAKRON Books do Brasil Editora Ltda – McGraw-Hill Ltda., 1991.

JOULLIÉ, Ângela Reis Vera. *Didática Geral através de Módulos Instrucionais.* Rio de Janeiro: Vozes Ltda., 1981.

MIZRAHI, V. V. *Treinamento em Linguagem C: Módulo Profissional.* São Paulo: MAKRON Books do Brasil Ltda. - McGraw-Hill Ltda., 1993.

PETTI, Claudino. *Didática geral.* 6. ed., São Paulo: Ática, 1986.

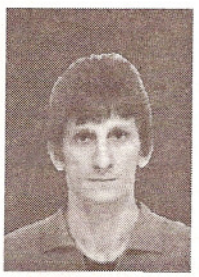
SEDRA, A S. e SMITH, K. C. *Microeletrônica.* São Paulo: MAKRON Books do Brasil Ltda. - McGraw-Hill Ltda., 1995.

ZELENOVSKY, R. e MENDOÇA, A. *PC: Um Guia Prático de Hardware e Interfaceamento.* Rio de Janeiro: Interciência. 1996.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

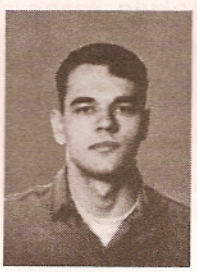
Manuel M. P. Reimbold

Engenheiro Eletricista (EFEI, 1984), Mestre. em Ciências em Engenharia Elétrica Ênfase Eletrônica (EFEI, 1994) Professor do Departamento de Tecnologia-UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Áreas de interesse: Recursos de Ensino para Engenharia, Instrumentação, Sensores, Condicionamento de Sinal, Interfaceamento Visual e Interfaceamento por Hardware utilizando PCs.



Luiz Antônio Rasia

Graduado em Física (UNIJUÍ,1986), Mestre em Engenharia Elétrica ênfase Microeletrônica (USP,1997) Professor do Departamento de Física, Estatística e Matemática UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Áreas de interesse: Microeletrônica, Instrumentação Eletrônica, Sensores e Microcontroladores.



Marlon Weber

Graduando de Engenharia Elétrica, (UNIJUI, 2000), estagiário no Curso de Engenharia. Áreas de interesse: Instrumentação, Portas I/O de PCs e Interfaceamento por Hardware.

ESTRUTURA E ÊNFASE DA DISCIPLINA CERÂMICAS REFRATÁRIAS NO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS DA UFSCAR

João Baptista Baldo[1]

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar de modo suscinto, enquanto disciplina obrigatória da grade curricular da especialização em Materiais Cerâmicos, a estrutura e a ênfase dadas no curso Cerâmicas Refratárias, oferecido pelo autor aos alunos de graduação em Engenharia de Materiais, que se habilitam a cursá-la a partir do oitavo período. Apresenta-se a Ementa Sintética, com comentários específicos da importância estratégica da mesma na área de Engenharia de Materiais, bem como suas vinculações interdisciplinares e pré-requesitos.

Palavras-Chave: cerâmicas, refratários, engenharia, materiais

ABSTRACT

In this work it is presented in a concise way, the Structure and Emphasis of the course Refractory Ceramics which is one of the core courses taught by the author for the senior year students in Materials Engineering which choose to specialize in Ceramic Materials. The course contents is presented together with coments about its strategic role in the field of Materials Engineering as well as its interdisciplinary links and pre-requesits.

Keywords: ceramics, refractories, engineering, materials

INTRODUÇÃO

Sob o ponto de vista da engenharia (mais do que do filosófico) pode-se estabelecer que o divisor de águas entre o homem primitivo e o homem moderno, repousa na aquisição da capacidade em manipular a Energia (calor). Todos os processos diferenciativos entre os dois entes acima citados, são baseados no salto quali e quantitativo obtido quando da transformação da natureza (inerte ou não) em utilidades do dia a dia, que foram proporcionadas através da geração controlada e contenção do calor. Nessa cadeia evolutiva, a capacitação na contenção de calor tautologicamente exprime a condição necessária para a implantação da primeira célula industrial. Assim os materiais refratários, *strictu sensu*, foram um insumo estratégico no desenvolvimento ulterior de muitas tecnologias e portanto da própria civilização moderna. Ainda hoje, por exemplo, as cerâmicas refratárias (ou refratários), ocupam o terceiro lugar na composição do custo de produção dos aços (ramo industrial maior consumidor do insumo). Pode-se estabelecer mais vivamente a relevância tecnológica dos mesmos, em vista do decréscimo acentuado do seu consumo específico nos últimos vinte anos no Brasil (de 22 para 10 kg refratário/tonelada de aço). Considere-se ainda por exemplo que a vida útil dos Altos Fornos triplicou nesse período. Por outro lado a vida útil dos revestimentos refratários de Conversores aumentou quase que duas ordens de grandeza no mesmo

[1] Professor, Doutor. Universidade Federal de São Carlos - Rodovia Washington Luiz, Km 235, São Carlos, SP. CEP 13565 - 905. Fone: (0xx16) 260 8250, Fax: (0xx16) 261 5404. E-mail: baldo@power.ufscar.br

período. Hoje nos EUA e Japão a utilização de materiais à base de MgO-Grafite, associados à técnicas de reparo otimizadas, propiciam revestimentos de conversores com duração acima de 10000 corridas operando de 200 a 350 toneladas de aço/corrida. Este é um nível de operação contínua sem paralelo na história dos equipamentos siderúrgicos. Exemplos análogos ocorrem com as indústrias vidreira, cimento e petroquímica. Deve-se também salientar que a qualidade dos produtos obtidos por processos de elevada temperatura (metais, vidro, cimento) está diretamente vinculada ao comportamento dos revestimentos refratários nos seus equipamentos de transformação. Nesse aspecto, impressiona a evolução dos refratários modernos, os quais premidos principalmente pela demanda de aços limpos e vidros mais especializados tem sido projetados com a preocupação da eliminação das inclusões em aços e das cordas e pedras nos vidros. No contorno dessa situação vale salientar que a implantação do sistema de queima enriquecido com oxigênio (oxy-fuel) nos fornos de vidro, só foi possível com o aumento do desempenho dos refratários da superestrutura e do cadinho (eletrofundidos de última geração) No caso da indústria cementeira, a utilização de revestimentos monolíticos de baixo e ultra baixo teor de cimento em regiões específicas dos fornos, e a substituição gradativa dos tradicionais refratários de MgO-Cromita por Espinélio ($MgAl_2O_4$), são um exemplo de evolução tecnológica com preocupação ecológica, tendo em vista os efeitos altamente contaminantes do cromo hexavalente que se forma na sucata do revestimento original.

Vemos portanto que as cerâmicas refratárias estruturais são insumos estratégicos nas indústrias pilares da civilização moderna, contribuindo decisivamente para sua produtividade, através da capacitação à operação contínua dos equipamentos de transformação nessas indústrias. Os refratários são eminentemente geradores de riqueza, basta dizer que 1 dólar investido neste material gera 200 dólares na ponta do processo produtivo. No Brasil especificamente, a indústria de refratários fatura em torno de 500 milhões de dólares/ano, o que nos coloca como o 5° produtor mundial (cujo faturamento global é em torno de 10 bilhões de dólares/ano). Comparativamente às outras cerâmicas técnicas os refratários estruturais alavancam um maior valor de comercialização. Para exemplificar este fato, basta sabermos que o gasto anual com o revestimento refratário de um conversor LD é da ordem de 1.7 milhões de dólares /ano. Normalmente uma usina siderúrgica tem mais do que 3 conversores o que implica gastar no mínimo 5 milhões de dólares ano em refratários, só com esses equipamentos. Ora, quantos capacitores, ptcs, ntcs, etc. pode-se comprar por essa quantia? Este é um fator que por si só singulariza a importância desses materiais e dos profissionais que dominam sua tecnologia de produção e manejo. Para um país como o Brasil isto é de vital importância, pois não podemos ignorar que a despeito de esforços outros, o país tem sido forçado a se manter circunscrito (consequência de ações externas e/ou conformismo interno) às atividades industriais não nobres como a produção de aços convencionais e extrativismo. Esse parece ser o nosso futuro (ao lado da Índia e China), deixando claro que cerâmicas refratárias são um assunto que devemos dominar científica e tecnologicamente, para o bem das perspectivas do potencial do nosso consumo interno, e exportador, nossas fontes de matéria prima e pela própria urgência em avançarmos tecnologicamente.

O ENGENHEIRO REFRATARISTA

Pelo que foi colocado anteriormente, depreende-se que o perfil inicial do Engenheiro Refratarista deve ser daquele profissional munido de habilidades interdisciplinares suficientes para um confronto vitorioso frente as limitações de natureza de disponibilidade e universo de matérias primas, com a complexidade e condições de serviço cada vez mais severas dos processos industriais de alta temperatura, conseguindo alcançar ganhos mesmo que tímidos de desempenho e qualidade dos revestimentos. Esta última assertiva pode ser justificada através de uma análise sistêmica das cifras apresentadas anteriormente ficando evidente que um aumento marginal de 5% na vida útil dos revestimentos refratários reflete milhões de dólares em economia direta e ganhos substanciais de produtividade.

A formação acadêmica de um profissional refratarista, portanto, deve ser tão ampla e fundamental quanto possível, caminhando em paralelo com a própria etiologia do material que manipula. Sob o ponto de vista de engenharia, este autor acredita, que a mesma deve ser constituída de 70%

em termos de engenharia de desenvolvimento e 30% em termos de engenharia de projeto. O primeiro caso envolve conhecimentos qualitativos e quantitativos de porte em ciências básicas, exigindo formação em:

- Química Inorgânica de Alta Temperatura
- Termodinâmica dos Sólidos
- Físico-Química do Estado Sólido
- Ciência de Materiais
- Noções de Cristalografia
- Noções de Cinética Química
- Transformações de Fase e Diagramas de Equilíbrio de Fases Cerâmicas
- Técnicas de Caracterização de Materiais
- Noções de Reologia de Suspensões Cerâmicas
- Processamento Cerâmico
- Cerâmica Física
- Propriedades Termo-Mecânicas dos Materiais
- Metalurgia Extrativa
- Processamento Metalúrgico
- Solidificação e Fundição

Para o segundo caso exige-se uma exposição criteriosa a:

- Resistência dos Materiais
- Noções da Teoria de Elasticidade
- Noções de Eletrônica e Eletro-Técnica.
- Desenho Técnico
- Técnicas de Administração e Economia Industrial
- Elementos de Máquinas
- Informática Geral (Programação e Software)
- Materiais e Ambiente

Obviamente esse seria o perfil ideal do profissional, sendo no entanto difícil associar tal variedade inderdisciplinar num curso específico de Engenharia. Porém, o curso de graduação em Engenharia de Materiais tem no seu currículo quase todas as disciplinas do primeiro caso enquanto que, no segundo caso, excetuam-se Teoria da Elasticidade e Elementos de Máquinas. Por isso, o profissional Engenheiro de Materiais com ênfase em Materiais Cerâmicos, traz na sua formação acadêmica um conjunto de ferramentas científico-tecnológicas habilitadoras do profissional refratarista, permitindo uma resposta industrial mais rápida desse engenheiro, comparativamente às adaptações de engenheiros metalúrgicos, químicos ou civis (que eventualmente não foram expostos à disciplina na sua grade curricular), para o trabalho tanto na pesquisa, desenvolvimento e produção, quanto na seleção, manutenção e aplicação de cerâmicas refratárias estruturais.

No que segue, é apresentada de forma sintética a ementada da disciplina, acompanhada ao final de cada secção de um comentário explicativo sobre a abordagem

EMENTA DA DISCIPLINA

Introdução

Definição e Conceito

Localização dentro do campo das cerâmicas;

Diferenciação Tecnológica Entre Cerâmicas de Alto Desempenho e Refratários Estruturais

Importância Econômica como Insumo Estratégico-Perfil de Consumo

O Universo dos Elementos e Compostos Constituintes dos Refratários Comerciais

O Universo das Matérias Primas Refratárias

Classificação dos Refratários Estruturais

Comentários

Nessa seção é colocado o conceito de material refratário, embasado em aspectos fundamentais da física do estado sólido e da termodinâmica. Apresenta-se a definição do ponto de vista de engenharia, e em seguida trata-se o caráter estratégico e gerador de riquezas desse material, seu perfil de consumo e tendências futuras. Apresenta-se uma figura onde pode ser entendido mneumonicamente a abrangência do universo dos materiais refratários a partir de combinações de elementos e compostos (Figura 1), os refratários comerciais de uso consagrado e suas matérias primas (Figuras 2 e 3). Finaliza-se a introdução classificando-se os refratários quanto a função química (ácido, básico, neutro), quanto à forma física (formados, monolíticos, eletrofundidos), as classificações correntes quanto ao tipo comercial,, a classificação quanto ao potencial térmico (isolante, denso) e tipo de pega (cerâmica, hidráulica, química), e as respectivas regiões de Domínio (Figura 4).

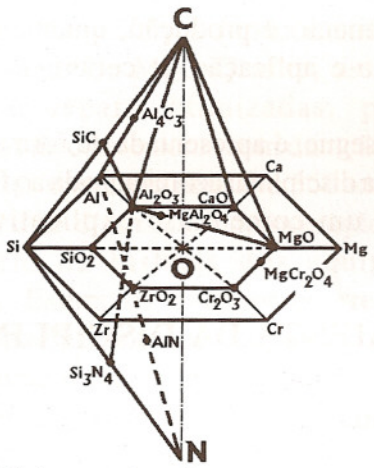


Figura 1. O Universo dos elementos e seus compostos refratários de uso consagrado

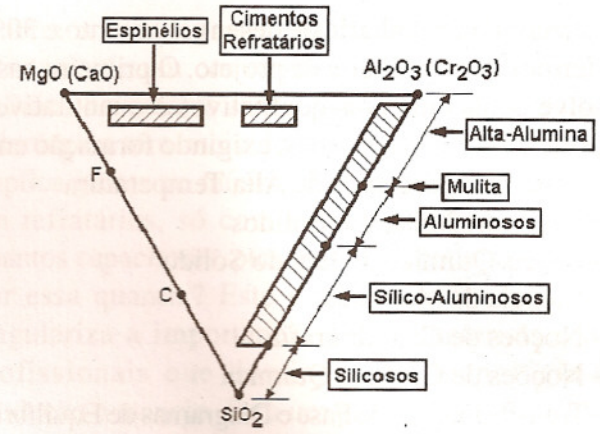


Figura 2a. Universo das classes de refratários comerciais tradicionais: F = Forsterita (Mg_2SiO_4), C = Cordierita ($2MgO.2Al_2O_3.5SiO_2$)

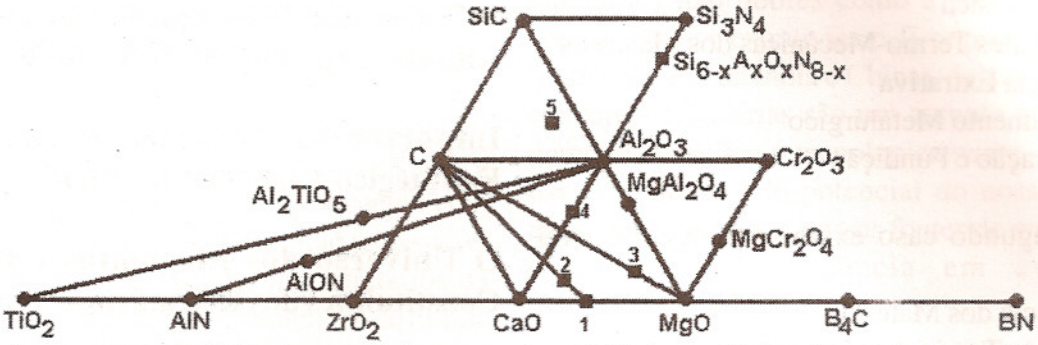


Figura 2b. Universo dos refratários comerciais avançados: 1) Doloma, 2) Família doloma grafite, 3) Família magnésia grafite, 4) Cimentos de aluminato de cálcio, 5) Al_2O_3-SiC-C

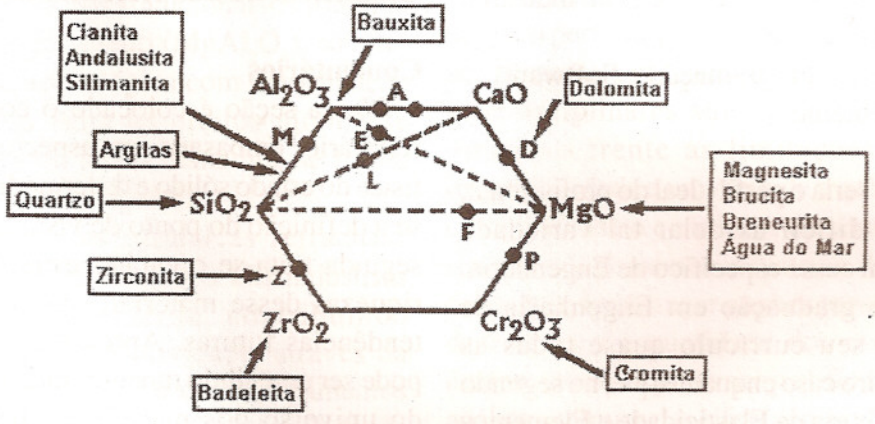


Figura 3. O Universo das Matérias Primas Refratárias: Região 1 - Cerâmicas de Alto Desempenho; Região 2 - Cerâmicas Refratárias Estruturais Densas; Região 3 - Cerâmicas Refratárias Estruturais Isolantes

Matérias Primas Artificiais

BN - Nitreto de Boro
A - Aluminatos de Cálcio (CA, CA_2, $C_{12}A_7$, CA_6)
P - Picrocromita ($MgCr_2O_4$)
M - Mulita ($3Al_2O_3 2SiO_2$)
E - Espinélio ($MgAl_2O_4$)
L - Silicatos de Cálcio ($2CaO.SiO_2$ - $3CaO.SiO_2$) Al_2O_3: Alumina Tabular - Corindon Eletrofundido SiC :Carbeto de Silício; Si_3N_4: Nitreto de Silício; $Si_{6-x}Al_xO_xN_{8-x}$: SiALONs; Al_2TiO_5: Titanato de Alumínio

Matérias Primas Naturais

Bauxita: Hidratos de Alumínio (Boemita $\gamma\ Al_2O_3.H_2O$; Diásporo $\alpha\ Al_2O_3.H_2O$; Gibsita - $Al_2O_3.3H_2O$); Magnesita - $MgCO_3$; Breneurita $(MgFe)\ CO_3$ - Brucita $(Mg(OH)_2)$; Argilas (Ricas em Caulinita ($Al_2O_3.2SiO2.2H2O$) - Pirofilita ($Al_2O_3.4SiO_2.H2O$); Silimanita, Cianita, Andalusita -($Al_2O_3.SiO2$); Cromita - $(Mg_xFe_{1-x})\ (Cr_yAl_zFe_{1-(y+z)})$; Z = Zirconita -($ZrSiO_4$); F = Forsterita ($Mg_2SiO_4$); D = Dolomita [$(CaMg)CO_3$]; ZrO_2:Monoclínica : Badeleíta

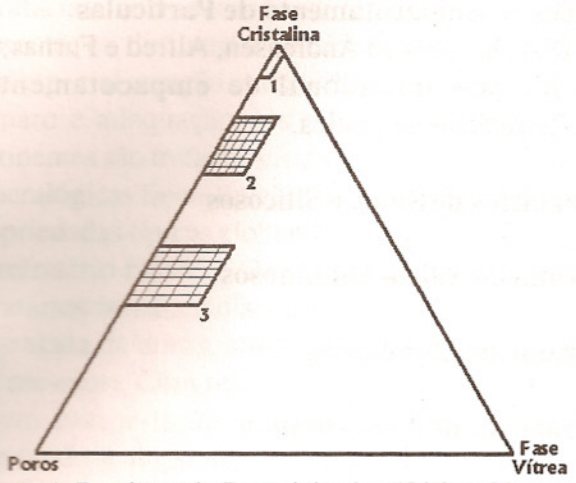


Figura 4. Regiões de Domínio das Várias Classes de Cerâmicas. 1) Cerâmicas de Alto Desempenho, 2) Refratários Estruturais Densos e 3) Refratários Estruturais Isolantes

O Refratário Ideal

Características Básicas

- Matéria prima abundante e barata;
- Alto ponto de fusão;
- Baixa expansão térmica reversível;
- Estabilidade frente às solicitações mecânicas à alta temperatura;
- Estabilidade química frente a meios agressivos sob altas temperaturas;
- Ausência de transformação de fase do componente principal durante o uso;
- Facilmente sinterizável;
- Estabilidade volumétrica em atmosfera oxidante/inerte/redutora.

Propriedades Físicas, Térmicas, Mecânicas e Químicas Relevantes Aos Refratários

Propriedades Físicas e sua Determinação

- PA - AA - DA;
- Tamanho e distribuição de poros;
- Resistência à abrasão;
- Permeabilidade.

Propriedades Térmicas e sua Determinação

- Coeficiente de expansão térmica linear reversível;
- Condutividade e difusividade térmicas;
- A influência da microestrutura e composição; Mineralógica nas propriedades térmicas;
- A influência da distribuição, tamanho e tipo de poros na condutividade térmica;
- Variação dimensional de requeima.

Cálculos Fundamentais de Isolamento Térmico

- Modos de transferência de calor;
- Paredes planas e paredes cilíndricas;
- Determinação do isolamento econômico.

Noções de Mecânica da Fratura

- A equação de Griffith;
- A Importância do módulo elástico e sua determinação;
- O Fator de intensidade de tensão critico (K_{ic});
- A Energia efetiva de nucleação de trincas (γ_{nbt});
- O Trabalho de fratura (γ_{WOF});
- O Comportamento de curva-R crescente;
- Enfoque estatístico da fratura.

Propriedades Mecânicas à Frio e sua Determinação (Normalização).

- Resistência à compressão à frio;
- Resistência à flexão à frio;
- Resistência à compressão diametral.

Propriedades Mecânicas à Quente e sua Determinação (Normalização)

- Módulo de ruptura à quente;
- Refratariedade sob carga;
- Fluência (Creep).

A Fenomenologia do Choque Térmico

- Enfoque termo-elástico;
- Enfoque Energético;
- Conceitos de termoclase, térmica, mecânica e estrutural;
- Métodos de avaliação de dano por choque térmico;
- A curva de Hasselmann e sua interpretação.

Como Projetar Refratários Resistentes ao Dano Por Choque Térmico

- Parâmetros mineralógicos;
- Parâmetros microestruturais;
- Parâmetros exógenos.

Fenomenologia do Ataque por Escórias

- Aspectos cinéticos e termodinâmicos;
- Noções básicas sobre escórias siderúrgicas;
- Estratégias para minimização do ataque por escórias;
- Ensaios de ataque por escórias.

Comentários

Nesta seção inicialmente sugere-se o que seria um refratário ideal, sob um ponto de vista de sinergia entre as várias qualidades eleitas. Apresenta-se também uma diferenciação útil entre o que é um Refratário Estrutural (microestrutura grosseira, presença de poros e geralmente diversas fases cristalinas e vítreas) objeto do curso e uma Cerâmica Refratária de Alto Desempenho (microestrutura fina, densa e monofásica), o que pode ser mostrado através da Figura 4. A seguir, é feito um apanhado suscinto porém fundamental (matemática, termodinâmica e quimicamente), sobre as propriedades relevantes à caracterização, desenvolvimento e desempenho dos refratários, e as respectivas técnicas de avaliação das propriedades adotando-se uma visão crítica das vantagens, limitações e desvantagens de cada uma. Em seguida são apresentadas rotas fundamentais de cálculos de isolamento térmico, manipulando-se a condutividade térmica, mostrando-se como projetar um isolamento econômico. Aborda-se, com especial ênfase físico-matemático, as Propriedades Térmicas, Noções de Mecânica da Fratura e o conceito de Curva-R (com vistas a familiarizar o aluno com mecanismos de propagação e freagem de trincas). Com igual intensidade é mostrada a Fenomenologia do Choque Térmico (como causa que por si só é capaz de abreviar a vida de revestimentos). Através dos tratamentos Termo-Elásticos e do Balanço Energético, mostra-se as diferenças fundamentais entre os aspectos de nucleação e propagação de trincas, e as possíveis estratégias para o projeto de microestruturas e fases capazes de minimizar o dano causado por choque térmico. Finaliza-se tratando a fenomenologia do ataque por escória, usando o ponto de vista de reações heterogêneas e sua dependência de parâmetros microestruturais, da temperatura e composição mineralógica, das condições fluidodinâmicas, tratando-se dos procedimentos usuais para minimização do desgaste.

Refratários Estruturais Tradicionais

Aspectos Gerais

- Matéria prima - origem e preparo;
- Composições típicas;
- Fluxograma de produção;
- Diagramas de equilíbrio pertinentes;
- Propriedades típicas e aplicações.

Noções de Empacotamento de Partículas

- Distribuições de Andreasen, Alfred e Furnas;
- Método tradicional de empacotamentos Refratários na prática.

Refratários de Sílica e Silicosos

Refratários Silico-Aluminosos

Refratários Aluminosos

Refratários de Alta Alumina

Refratários Básicos Tradicionais

Magnesianos

- Queimados;
- Queimados e impregnados;
- Ligados e curados;
- Quimicamente ligados;
- Magnésia-cromo e cromo-magnesianos;
- Refratários de doloma;
- Refratários de forsterita;
- Refratários à base de CaO.

Refratários de Cordierita

Refratários Tradicionais de Carbeto de Silício

Refratários Isolantes

Refratários Monolíticos Tradicionais

- Argamassas, cimentos e massas plásticas refratárias;
- Massas de socar refratárias;
- Concretos refratários tradicionais;
- Massas de reparo e aplicações.

Refratários Quimicamente Ligados

Refratários Tradicionais à Base de Carbono.

Refratários Eletrofundidos

Comentários

Nesta secção antes de se iniciar a abordagem científico-tecnológica de cada um dos tipos de Refratários Estruturais tradicionais propriamente ditos, coloca-se a importância do empacotamento de partículas como regra zero das formulações

refratárias, considerando-se a importância em se aumentar ou diminuir a densidade relativa. Trata-se com especial atenção as matérias primas, sua origem, preparo e adequação. Os diagramas de equilíbrio pertinentes são tratados vis a vis com as composições mineralógicas finais típicas de refratários comerciais. Propriedades típicas globais de interesse de cada tipo de refratário também são apresentadas. Quanto aos refratários isolantes discute-se as rotas de produção controlada de poros, a influência do tipo e tamanho dos mesmos.. Com relação aos monolíticos, dedica-se um maior tempo aos concretos refratários abordando a importância das condições de cura e relação água/cimento nas propriedades finais e as implicações do teor de cimento na vulnerabilidade desses materiais. Apresenta-se os refratários quimicamente ligados, tipos de compostos químicos com propriedades ligantes, temperaturas características de pega e desenvolvimento de fases. Com relação aos refratários Tradicionais contendo Carbono, analisa-se os Silico-Aluminosos, Aluminosos, as massas de Tamponamento e os blocos de Carbono Tradicionais. Finaliza-se a secção tratando os refratários Eletrofundidos especialmente dirigidos à indústria Vidreira (Alumina-Cromo, β-Alumina, ZAS).

Refratários Estruturais Modernos

Aspectos Gerais

- Matéria Prima - Origem e Preparo;
- Composições Típicas;
- Fluxograma de Produção;
- Diagramas de Equilíbrio Pertinentes;
- Propriedades Típica e Aplicações.

Refratários de Magnésia-grafite

Refratários de Carbeto de Silício Ligados a Nitreto de Silício

Refratários de Alumina-grafite

Refratários de Alumina-grafite-carbeto de Silício

Refratários à Base de Zircônia e Zirconita

Refratários de Espinélio ou Espinelizados

Refratários Contendo Nitreto de Boro

Refratários Contendo SiAlONs

Refratários Ccontendo Citreto de Alumínio

Refratários à Base de Titanato de Alumínio

Refratários Monolíticos Modernos

- Concretos refratários de baixo, ultra-baixo teor e sem cimento.

Comentários

Nesta seção procede-se de modo análogo ao que foi comentado na seção anterior, dando-se ênfase especial ao papel desempenhado pelo grafite e outras fontes de carbono nos refratários e a importância da sua proteção contra oxidação. Trata-se de modo fundamental (fenomenologia e rotas de minimização) o estrangulamento das válvulas longa e submersa por deposição de alumina durante o lingotamento contínuo. São tratados também de modo fundamental os aspectos e as consequências da utilização da Zircônia, sua função de elemento tenacificador enquanto aditivo e também como de alta estabilidade térmica e química quando fase majoritária. Os refratários à base de Espinélio ($MgAl_2O_4$) são estudados comparativamente à outras fases Espinelizadas em termos de estabilidade térmica e química, suas vantagens e desvantagens, e os aspectos particulares da formação expansiva dessa fase. Faz-se uma abordagem suscinta de como fases cerâmicas de alto desempenho (Nitreto de Boro, Nitreto de Alumínio, Nitreto de Silício, Titanato de Alumínio, SiAlONs) podem ser utilizadas como elementos coadjuvantes em refratários estruturais e aplicações especializadas. Finaliza-sea secção tratando os refratários Monolíticos Modernos notadamente os concretos refratários de baixo e ultra-baixo teor de e sem cimento. Estuda-se com especial atenção o papel das distribuições granulométricas, dos pós sub-micronizados (microsílica, alumina, cromia etc.) e dos aditivos químicos especiais com função defloculante e/ou controladora de pega e desenvolvimento de auto-escoabilidade.

Fatores que Influenciam o Consumo e Desgaste prematuro dos refratários Estruturais

O Projeto de Revestimentos

Aplicação de Refratários

Parâmetros de operação

Relação Propriedade Exigível Versus Solicitação de Serviço

Comentários

Nesta secção procura-se chamar a atenção do aluno para os pontos chave de diagnose do desgaste de revestimentos refratários e sua prevenção atentando para os seguintes quesitos:

a) Não submeter refratários a esforços de tração.

b) Determinar à priori compatibilidade do refratário frente às condições de serviço e agentes eventuais.

c) Traçar um levantamento histórico das condições de projeto, aplicação e operação sempre que o desgaste prematuro tenha ocorrido, lembrando-se que acidentes ocorrem estatisticamente com maior intensidade em turnos e dias específicos.

Seleção de Refratários Estruturais – Estratégias de Aplicação

Seleção Segundo Características Próprias

Seleção Segundo o Valor Econômico

Seleção Segundo solicitações de Serviço

Técnicas de Revestimento por Espessura e/ou Qualidade

Estudo de Casos

Comentários

Com esta seção finaliza-se o curso apresentando-se de modo suscinto as noções sobre cada sub-ítem, com a apresentação final de alguns casos clássicos de seleção baseados nas solicitações típicas de alguns equipamentos siderúrgicos, vidreiro, e da indústria de cimento.

COMENTÁRIOS FINAIS

O curso de Cerâmicas Refratárias é oferecido aos alunos de graduação em Engenharia de Materiais da UFSCar como disciplina de 4 créditos ministrado em 4 horas aula semanais (existindo também a versão de pós-graduação). Os pré-requesitos exigidos são as disciplinas Introdução aos Materiais Cerâmicos e Processamento Cerâmico. A grande dificuldade em se estruturar um curso de tal porte (no Brasil) reside na pouca disponibilidade de referências bibliográficas específicas e o caráter um pouco recluso desta atividade industrial, considerando-se que a maioria das pesquisas são implementadas internamente nas fábricas, e na sua grande maioria, devido ao conteúdo de informações proprietárias, não são adequadamente publicadas. Os livros textos sobre refratários são bastante antigos, desatualizados e suficientes apenas para uma introdução incipiente. Assim, a maior fonte de informações atuais consiste de patentes, periódicos e publicações em Anais de Congressos importantes notadamente os do UNITECR e de AACHEN. Dentre os periódicos o mais específico e abrangente é o Taikabutsu Overseas. Um grande número de informações estão dispersas ao longo dos anos em alguns periódicos famosos tais como: Journal of the American Ceramic Society, Ceramic Bulletin, Interceram, Verres et Refractaires, Ceramurgia Internacional, Industrial Heating, Iron and Steel Engineer, Light Metals e outros. Aproveitando longos anos de pesquisa e sua experiência no ensino de refratários este autor fornece aos alunos notas de aula as quais são constantemente atualizadas.

Em adição, de modo a elevar o grau de compreensão do objeto tratado, os alunos são divididos em grupos de 3 e participam de aulas práticas complementares que são ministradas visando expô-los ao contato direto com as técnicas de formulação, projeto e avaliação de propriedades. Assim, estuda-se tanto refratários comerciais com relação à propriedades termo-mecânicas e químicas, assim como é dado a cada grupo a tarefa de formular e desenvolver um tipo particular de refratário, através da utilização de matérias primas nacionais, com posterior avaliação das propriedades dos mesmos. Cada grupo apresenta um relatório final sobre seu tema de aula prática, o qual entra ponderalmente com 30% da média final.

CONCLUSÃO

Do que foi apresentado pode-se perceber que o curso de cerâmicas refratárias, é um curso importante não só para Engenharia de Materiais mas, para outras modalidades (metalúrgica, química, mecânica, civil) exigindo do docente que o ministra uma atuação dinâmica baseada em constante atualização e

reciclagem, uma vez que a evolução permanente desses materiais altera continuamente o conteúdo denso e abrangente do que é oferecido aos alunos de graduação em Engenharia de Materiais da UFSCar. Vale notar, que o curso enfoca eminentemente os aspectos de processamento e propriedades desses materiais, capacitando o aluno tanto em pesquisa e desenvolvimento como no de aplicação. Assim, o mesmo adquire um perfil mais flexível com grande potencial profissional, tanto na indústria produtora como na consumidora, além daquelas instituições que desenvolvem pesquisa em refratários estruturais. Isso de fato tem acontecido, quando se constata o espectro de atuação dos ex-alunos que se dedicaram a essa área.

BIBLIOGRAFIA EXISTENTE MAIS SIGNIFICATIVA

Livros

ALLIPRANDI, G. Refrattari – Gauthier – Villars - 1977.

BUDNIKOV, P.P. The Technology of Ceramics and Refractories, The MIT Press, 1964.

CHESTERS, J.H. Refractories Production and Properties. The Iron and Steel Institute, London, 1973.

CRUZ, C.R.V. da. Refratários para Siderurgia. Publicação da Associação Brasileira de Metais (ABM), 1976.

HALM, L. Curso de Materiais Refratários. Publicado na Revista Cerâmica números: 50, 51, 52.

JOURDAIN, A. La Technologie des Produits Ceramiques Refractaires –Gauthier-Villars – Paris 1968.

KONOPICKY, R. Les Materiaux de Construction Refractaire – Star, Paris, 1961.

MODERN REFRACTORY PRACTICE. The Harbison Walker Company, 4th Edition, 1961.

NORTON, F.H. Refractories. McGraw hill Book Company, New York, 1968.

REFRACTORIES MANUAL. The American Foundrymen´s Society- First edition 1963.

SINGER, F.; SINGER, S. Industrial Ceramics. Chapman Hall, London, 1963.

Periódicos

Taikabutsu Overseas.

Interceram.

Refractories Journal.

Journal of The American Ceramic Society.

American Ceramic Society Buletin.

Transactions and Journal of The British Ceramic Society.

Verres et Refractaires.

Ceramurgia International.

Iron & Steel Maker.

Light Metals.

Industrial Heating.

Anais

Anais da COREF – COAÇO – (Aciaria e Refratários) Publicados pela associação Brasileira de Metais (ABM).

Anais dos Congressos da Associação Brasileira de Cerâmica.

Proceedings of The UNITECR – Edited in Conjunction by The American Ceramic Society- The German Refractories Association – Latin America Refractories Producers Association and The Technical Association of Refractories of Japan.

Proceedings of The Aachen Refractories Coloquium – The German Refractores Association.

Handbooks

Banerjee, S. Monolithic Refractories – A Comprehensive Handbook. The American Ceramic Society and World Scientific Publishing Company, 1998.

Carniglia, S.C.; Barna, G.L. Handbook of Industrial Refractories Technology, Noyes Publications, New Jersey, 1988.

Fisher, R.E. (ed.) New Developments in Monolithic Refractories. In: Advances ion Ceramics, Vol. 13. The American Ceramic Society, 1985.

DADOS BIOGRÁFICOS DO AUTOR

João Baptista Baldo

Professor adjunto 4 do Departamento de Engenharia de Materiais da UFSCar onde ingressou em maio de 1980. É formado em Engenharia de Materiais em dezembro de 1977 pela UFSCar, Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais em 1982 pela mesma Universidade e Doutor em Ceramic Science and Engineering em 1986 pela Universidade de Washington Seattle – EUA. Realizou atividades de pós-doutorado como pesquisador convidado durante o ano de 1990 no Departamento de Gènie Metalurgique da Université de Montreal em Montreal Canadá. Gerente de Pesquisa e Desenvolvimento e Controle de Qualidade da Cerâmica Saffran S/A de janeiro de 1978 a maio de 1980. Recebeu prêmios pelo melhor trabalho sobre refratários apresentados nos Congressos Brasileiros da Associação Brasileira de Cerâmica dos Anos 1989, 1991 e 1995. Prêmio pelo melhor trabalho em Técnicas Experimentais no Congresso da Associação Brasileira de Cerâmica de 1996. Prêmio Talento Brasileiro seção São Paulo por Invenção Refratária-Concedido por CNI/SESI/FIESP em 1994. Detentor de uma patente e outra em fase de julgamento final. Suas áreas de interesse são: processamento e otimização de propriedades térmicas, químicas e mecânicas em cerâmicas de alto desempenho e refratários estruturais; estudo dos parâmetros de transferência de calor relevantes em massas de piso e revestimento cerâmico para queima rápida. Investigação dos efeitos de aditivos químicos e minerais na interface fibra matriz e tenacidade de concretos de cimento portland de alto desempenho reforçados com fibras metálicas e poliméricas.

ANÁLISE DE ATITUDES DE CALOUROS DE ENGENHARIA EM RELAÇÃO ÀS CIÊNCIAS E À MATEMÁTICA

Helena Noronha Cury[1] & Carlos Eduardo da Cunha Pinent[2]

RESUMO

Este texto apresenta os dados de uma pesquisa realizada com calouros de Engenharia, com o objetivo de analisar atitudes, sentimentos e crenças dos estudantes em relação às Ciências e à Matemática. A partir das informações obtidas, discute-se as possibilidades de mudanças no ensino de Matemática nos cursos de Engenharia, para adequá-lo às necessidades dos profissionais que vão atuar no próximo século.

Palavras-Chave: Ciências e Matemática; Alunos de Engenharia; Atitudes.

ABSTRACT

This paper presents research data from a survey applied to engineering freshmen, with the purpose of analyzing attitudes, feelings and beliefs about Science and Mathematics. From the information obtained, we discuss possibilities of changing Math teaching in engineering courses, aiming at adapting it to the necessities of the professionals who will work in the next century.

Keywords: Science and Mathematics; Engineering Students; Attitudes

INTRODUÇÃO

O ensino de Cálculo tem sido responsabilizado pelo alto número de reprovações e desistências de alunos calouros dos cursos de Engenharia. Essa realidade, no entanto, precisa ser mudada, pois o País necessita do maior número possível de profissionais capazes de atuar nessa área, para impulsionar o desenvolvimento brasileiro em Ciência & Tecnologia.

Por outro lado, se queremos qualificar o ensino de Engenharia, não podemos deixar de oferecer uma boa base em disciplinas matemáticas (Cálculo Diferencial e Integral, Geometria Analítica, Álgebra Linear), pois somente com uma sólida fundamentação teórica os estudantes poderão aproveitar ao máximo as disciplinas do ciclo profissionalizante.

Dessa forma, acreditamos ser necessário pesquisar as dificuldades encontradas por alunos e professores no processo de ensino-aprendizagem de disciplinas matemáticas, bem como atualizar as metodologias de ensino, para que os conhecimentos de Cálculo Diferencial e Integral, Geometria Analítica e Álgebra Linear possam ser construídos de forma crítica e reflexiva.

Alguns trabalhos já realizados com alunos de disciplinas matemáticas dos cursos de Engenharia da PUCRS (Cury, 1990; Cury e Souza, 1992; Cury, 1995), detectaram problemas relativos ao processo de ensino-aprendizagem dessas disciplinas, entre os quais estão as falhas na formação matemática em nível fundamental ou médio e a falta de motivação dos alunos.

[1] Professora, Doutora. Departamento de Matemática, Faculdade de Matemática, PUCRS, Avenida Ipiranga, 6681, CEP 90570 - 080, Porto Alegre, RS. Fone: (0xx51) 320 3531, Fax: (0xx51) 320 3631. E-mail: curyhn@pucrs.br

[2] Professor, Doutor. Departamento de Estatística, Faculdade de Matemática, PUCRS, Av. Ipiranga, 6681, CEP 90570 - 080, Porto Alegre, RS. Fone: (0xx51) 320 3531, Fax: (0xx51) 320 3631. E-mail: carlospi@portoweb.com.br

Dificuldades no ensino de Engenharia têm sido focalizadas em textos de pesquisadores brasileiros e estrangeiros, inclusive com sugestões para mudanças. (Morgan, 1990; Ferrini-Mundy e Graham, 1991; Retamal e Dezerega, 1992; Costa e Grou, 1995; Palis, 1995; Lotufo et al., 1997). No entanto, muitos dos problemas relacionados com o ensino de Matemática podem estar ligados às crenças assumidas pelos professores e transmitidas aos alunos desde o ensino fundamental, formando um conjunto de atitudes desfavoráveis à Matemática em geral e ao Cálculo Diferencial e Integral, em particular.

Dessa forma, propusemo-nos a realizar uma pesquisa exploratória das atitudes, envolvendo, portanto, sentimentos e crenças de alunos calouros de Engenharia da PUCRS em relação à Matemática e às Ciências, com o objetivo de obter subsídios para uma modificação no ensino dessa disciplina, adaptando-a às necessidades dos profissionais que irão atuar no próximo século.

Pretende-se explorar, ao mesmo tempo, as visões de mundo desses estudantes às vésperas do ano 2000 e face às transformações de um mundo moderno para um mundo pós-moderno. De acordo com Fleener (1996), "a substituição do modernismo pelo pós-modernismo inclui mudanças fundamentais nas visões de mundo reveladas através de crenças e ações" (p. 313).

Neste artigo, descrevemos a investigação realizada e discutimos os dados obtidos.

ATITUDES EM RELAÇÃO ÀS CIÊNCIAS E À MATEMÁTICA

Em seu estudo investigativo acerca das crenças sobre Matemática e Ciências de estudantes de *high school*, Fleener (1996) inspira-se em três modos de conhecimento (*ways of knowing*) a partir dos três interesses fundamentais humanos identificados por Habermas (técnico, pragmático e eman-cipatório): "Esses interesses fundamentais intercedem e organizam as ações e experiências humanas e são influenciados e guiados pela cognição bem como pelas características experimentais do indivíduo." (p. 313).

A classificação de Habermas em três âmbitos de interesse cognitivo está relacionada a procedimentos de pesquisa com vistas à obtenção do conhecimento:

> *"No exercício das ciências empírico-analíticas intervém um interesse técnico do conhecimento; no exercício das ciências histórico-hermenêuticas intervém um interesse prático do conhecimento, e no exercício das ciências orientadas para a crítica intervém aquele interesse emanci- patório do conhecimento."* (Habermas, 1994, p. 168)

É interessante observar que a classificação em três grupos, tendo por partida a discussão de paradigmas, repete-se em muitos pensadores e filósofos, desde que Kant criticou o posicionamento dicotômico racionalismo-empirismo, a partir da questão da origem do conhecimento. O estudo da sociedade visto como uma ciência, após o fim daquela dicotomia, passou a oferecer três linhas classificatórias básicas: a empírico-analítica, a hermenêutica e a dialética (Meyer, 1987, Boufleur, 1993). Encontramos aproximação com estes três grupos paradigmáticos não apenas em Löwy (1993) – o positivismo, o historicismo e a dialética – mas também, como vimos em Habermas (1994), o empírico-analítico, o histórico-hermenêutico e o praxiológico (ou seja, orientado para a crítica). Esses três enfoques, condutores de pesquisa, estão vinculados a meios de socialização (o trabalho, a linguagem e o domínio ou poder): "Os interesses que guiam o conhecimento se constituem no meio ou elemento do trabalho, da linguagem e da dominação." (Habermas, 1994, p. 176).

A taxionomia que leva Habermas àqueles três grupos tem como referência inseparável as três dimensões fundamentais da vida humana, ou os três meios do processo de socialização, que genericamente são os já citados (trabalho, linguagem e poder, no sentido de domínio distributivo) e que por sua vez se relacionam indissociavelmente aos três interesses humanos, o técnico, o pragmático e o emancipatório. Domingues (1985), assim como Pinent (1995, 1996), discorre sobre esses grupos, que podem ser complementados com outras três dimensões relativas a categorias do saber: a informação, a interpretação e a análise. Todas essas relações podem ser facilitadas pelo seguinte quadro:

Enfoques de Pesquisa	Dimensões Básicas do Viver	Int
empírico-analítico	trabalho	técn
histórico-hermenêutico	linguagem	prag
praxiológico	poder (domínio)	ema

Habermas tem uma posição preponderantemente praxiológica mas, é importante destacar, sem abandonar as outras duas; em sua concepção de mundo do sistema e mundo da vida há a participação das três categorias de saber. Ele, entretanto, destaca que os problemas sociais não podem ser resolvidos pelas posições empírico-analítica e histórico-hermenêutica. É na posição orientada para a crítica que os indivíduos podem encontrar espaços para a constituição de uma sociedade emancipada.

Embora utilizados por vários pesquisadores, os termos *concepções, crenças e sentimentos* não têm aceitação unânime e suas definições são às vezes conflitantes. Por isso, é importante esclarecer o sentido com que vamos utilizá-los na presente investigação.

Acreditamos que as concepções e crenças sobre Matemática e Ciências são forjadas desde as séries iniciais, através das opiniões dos mestres, das influências sócio-culturais que os alunos sofrem e das atitudes favoráveis ou desfavoráveis que seus pais, amigos, colegas e professores apresentam em relação a essas áreas do conhecimento.

Dependendo dessas influências, os estudantes desenvolvem um sentimento – uma percepção, uma "disposição afetiva" – em relação à Matemática e às Ciências que pode determinar, em maior ou menor grau, alguns dos problemas que detectamos na aprendizagem.

Ernest (1991) faz uma distinção entre o que ele considera a Filosofia da Matemática e uma filosofia da Matemática. A primeira é a área da Filosofia que trata dos problemas relativos à natureza da Matemática; a segunda é o conjunto de concepções e crenças próprias de um determinado indivíduo.

Em outra obra, Ernest (1989) identifica três concepções de Matemática: platônica, instrumental e de resolução de problemas. A visão platônica é aquela que concebe a Matemática "como um corpo estático e unificado de conhecimento absoluto" (p. 250). A instrumental vê a Matemática como uma acumulação de fatos, regras e habilidades, para ser usada no alcance de determinados fins. A visão de resolução de problemas é dinâmica, pois considera a Matemática como um campo em expansão de criação humana, como um produto cultural passível de críticas e correções.

O mesmo autor agrupa essas concepções em absolutistas e falibilistas. Segundo a visão absolutista, "o conhecimento matemático é feito de verdades absolutas e representa o domínio único do conhecimento incontestável." (Ernest, 1991, p. 7). A visão falibilista, por outro lado, considera o conhecimento matemático falível e corrigível e em contínua expansão, como qualquer outro tipo de conhecimento humano. Assim, os interesses identificados por Habermas como *técnico* e *pragmático* aproximam-se da visão absolutista, enquanto que o *emancipatório* pode ser relacionado com a concepção falibilista.

Em pesquisa realizada com professores de Matemática de 3° grau, Cury (1994) mostra que a concepção dominante sobre essa ciência é a platônica, ainda que alguns participantes tenham enfatizado a importância da Matemática para o desenvolvimento das potencialidades do ser humano. No entanto, de forma coerente com suas concepções, a maior parte dos docentes pesquisados evidencia ter uma prática pedagógica tradicional, calcada em aulas expositivas.

Pelo exposto acima, acreditamos ser necessário sobrepujar o *interesse técnico* do conhecimento, tão presente na orientação dada às aulas de Matemática dos cursos técnico-científicos, passar pelo *interesse prático*, para então atingir o *interesse emancipatório*, que aceita as críticas e correções e tem mais potencialidades para preparar o homem para viver no próximo século.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Fleener (1996) elaborou um instru-mento de pesquisa com indicadores para as três categorias de interesses habermasianos, com o objetivo de investigar as crenças a respeito de Matemática e Ciências de alunos de *high school*, empregando uma escala Likert. Esse tipo de escala somatória mede atitudes, de forma que os respondentes concordam ou discordam das afirmativas, informando, também, o grau de concordância/discordância. (Selltiz et al, 1975).

O instrumento foi traduzido e algumas questões foram adaptadas à nossa realidade; também foram incorporados alguns itens que, em nosso entender, possibilitam detectar as concepções sobre Matemática segundo as idéias de Ernest. (Ver Anexo).

O questionário foi aplicado inicialmente a um grupo de alunos para testar a classificação dos indivíduos segundo os interesses habermasianos e realizar uma análise global das respostas, procurando detectar

incoerências. Para a testagem dos dados, foi utilizado o *software* estatístico SPSS (Statistics Package for Social Sciences), versão 9.0, que abrange todas as necessidades dos cálculos estatísticos.

Com o auxílio desse programa, testou-se a consistência interna do instrumento, obtendo-se um valor de 0,72 para o coeficiente alpha de Cronbach. Esse coeficiente informa se o instrumento está medindo aquilo que se espera que meça. Valores acima de 0,7 já indicam um instrumento satisfatoriamente consistente. (Cronbach, 1967).

Entre as 46 questões do instrumento, 30 tinham como objetivo classificar os respondentes e as restantes acrescentavam informações para a análise geral. Para classificar os alunos segundo as categorias *técnico*, *pragmático* e *emancipatório*, foram consideradas percentagens de concordância com os respectivos padrões, sendo que cada padrão foi definido *a priori*, com base no trabalho de Fleener.

Os itens que apontavam visão mecanicista do mundo, crença nas verdades absolutas da Matemática e das Ciências, ênfase no processo empírico e poder da razão humana foram classificadas como indicadores do interesse *técnico*.

As questões que mostravam concordância com o processo científico, relutância em contradizer os valores e costumes da sociedade, valorização do conhecimento existente foram classificadas como indicadores do interesse *pragmático*. Os itens que apontavam a liberdade de pesquisa e a emancipação do indivíduo indicavam o interesse *emancipatório*.

Para aplicar o instrumento de pesquisa, foram escolhidas as oito turmas de calouros de Cálculo Diferencial e Integral A da PUCRS, no segundo semestre de 1998. Contamos, assim, com uma amostra de 359 alunos, sendo 317 (88%) do sexo masculino, 39 (11%) do sexo feminino e 3 alunos (1%) que não responderam ao quesito.

Em relação às idades do grupo, 214 alunos (59,6%) têm até 20 anos; 126 (35,1%) têm mais de 20 até 30 anos; 14 (3,8%) têm mais de 30 anos e 5 (1,5%) não indicaram a idade.

Com o objetivo de classificar os indivíduos segundo as dimensões *técnica, pragmática e emancipatória*, atribuíram-se, inicialmente, valores a cada alternativa de resposta, de 1, discordância plena, até 5, concordância plena. Foram criados, então, escores totais, um para cada dimensão. Cada escore total foi construído a partir da soma dos escores dados pelo respondente em cada questão: "discordo" (2), "indeciso" (3) e "concordo" (4), tendo sido previamente reunidas as alternativas "concordo plenamente" (5) com "concordo" (4) e "discordo plenamente" (1) com "discordo" (2). Os que não responderam a alguma questão foram considerados "indecisos", atribuindo-se-lhes, também, o escore 3.

Dessa forma, a dimensão *técnico*, com 11 questões, poderia obter escore total entre 22 e 44. Criou-se um "critério de corte" no percentil 60 desse intervalo, que no caso foi o valor 33,2. Classificou-se como *indivíduo de tendência técnica* aquele que gerou um escore superior a 33, ou seja, o indivíduo que concordou com mais de 60% das afirmações constantes nas 11 questões pertinentes.

Procedeu-se da mesma forma para as outras duas dimensões, na classificação de *indivíduo de tendência pragmática* e *indivíduo de tendência emancipatória*, considerando-se, evidentemente, para cada uma o valor adequado de corte, de acordo com o número de questões para cada caso, 9 para *pragmático* e 10 para *emancipatório*, resultando nos escores 28 e 30, respectivamente.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Analisando-se as freqüências totais nas respostas dadas às questões classificatórias, percebe-se a predominância da tendência pragmática (64,1%) entre os alunos, seguida da técnica (52,4%). Também fica perceptível que os mesmos tendem a ser não-emancipatórios (43,2%).

Ao repetir o procedimento, discriminando os resultados segundo o sexo, observa-se que se acentua entre os homens a tendência pragmática (65,0%) e que entre as mulheres há mais forte rejeição à emancipatória, pois apenas 17,9% se identificam com essa dimensão. Verificou-se que as mulheres têm mais tendência à dimensão técnica que os homens (59,0% contra 51,7%).

Selecionando-se, também, os respondentes segundo as três faixas de idade (até 20 anos, mais de 20 até 30 anos e mais de 30 anos), observa-se o crescimento da tendência às dimensões técnica e pragmática com o aumento da idade.

Em uma análise global das respostas às questões, podemos tecer considerações sobre as opiniões expressas pelos respondentes e verificar a confirmação da visão acima apontada.

As questões 3, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 39 e 43 abordam as idéias sobre as verdades matemáticas e científicas e sobre o valor da Matemática e das Ciências. A discordância (72%) em relação à questão 33, bem como o mesmo índice de concordância quanto à questão 3, mostra a fé na existência da verdade científica.

A alta concordância (mais de 90% em cada) relativamente às questões 28, 29, 30 e 31 mostra a extrema valorização do conhecimento matemático e científico, como é de se esperar de alunos da área de ciências exatas.

As questões 11, 19 e 21 tratam de questões de gênero: a concordância (69%) em relação à questão 11, bem como a discordância nas questões 19 (52%) e 21 (78%) mostram que os participantes acreditam ser a Matemática e as Ciências igualmente acessíveis a ambos os sexos. No entanto, seria interessante aprofundar a análise da resposta à questão 19 (discordância fraca), talvez influenciada por fatores circunstanciais.

As questões 7 e 26 tratam da intuição e criatividade em Matemática e Ciências: pela concordância em relação à questão 7 (79%), os respondentes parecem acreditar que a Matemática requer lógica e não intuição; no entanto, ao concordarem com a questão 26 (77%), aceitam que Matemática e Ciências requerem criatividade. Deve-se investigar mais a fundo como a falta de intuição pode "co-existir" com a criatividade.

As questões 4, 13, 14, 18, 25, 41 e 42 mostram que os alunos estão divididos quanto às mudanças que a Ciência pode produzir no *status quo*. Concordam (68%) que os cientistas devem ser livres para explorar o universo (questão 4), mas também concordam (65%) que não é apropriado mexer com a ordem e as intenções da natureza (questão 14).

Sessenta e um por cento dos respondentes concordam que as atividades do cientista não devem violar os valores básicos da sociedade (questão 18), mas discordam (62%) da afirmativa de que as descobertas não devem vir a público se puderem causar inquietação social (questão 25).

Os alunos concordam (73%) que o cientista deve questionar as idéias sobre ciência, vida e universo (questão 13) e que a Ciência dá respostas à curiosidade humana, ainda que a concordância na questão 42 seja mais fraca (60%).

As questões 1, 8, 12, 17 e 46 também envolvem aspectos que relacionam Matemática e Ciências com a sociedade. Não há uma crença absoluta na constante mudança nas Ciências, pois apenas 66% acreditam que muitas informações científicas atuais serão incorretas no futuro (questão 1). Não acreditam na possibilidade da Ciência resolver problemas pessoais ou sociais: 57% discordam da afirmativa da questão 8 e 71% discordam da afirmativa da questão 46.

Também não é absoluta a concordância com a afirmativa de que as descobertas científicas têm feito mais bem do que mal à humanidade (apenas 63% concordam com a questão 12) ou com a idéia de que a pesquisa sem utilidade imediata é tão importante quanto aquela focada na solução de problemas práticos (apenas 56% concordam com a questão 17).

CONCLUSÕES

Considerando o perfil genérico do profissional da área tecnológica, Longo e Telles (1998) apontam sugestões para o ensino. Entre essas, destacam-se: base forte em Ciências e Matemática; enfoque pedagógico ancorado no "aprender a aprender" e no "saber fazer" (especialmente com criatividade e ousadia). Nas diretrizes curriculares sugeridas para os cursos de Engenharia, são propostos como objetivos, entre outros, "desenvolver o potencial criativo, de raciocínio e a visão crítica do estudante" e "incentivar o trabalho de pesquisa e investigaçao científica, visando o desenvolvimento da ciência e da tecnologia".

No entanto, se analisarmos os dados da presente pesquisa, vemos esses calouros de Engenharia ainda muito "dominados" por idéias contraditórias, possivelmente assimiladas acriticamente, a partir das concepções e crenças assumidas por pais, amigos, professores ou veiculadas através dos meios de comunicação.

É preocupante, por exemplo, o fato de apenas 56% dos respondentes concordarem ser a pesquisa sem utilidade imediata tão importante quanto aquela focada na resolução de problemas práticos. Nessa época de tão grandes mudanças tecnológicas, a pesquisa sem utilidade imediata pode ser aproveitada em muito menos tempo do que se espera. Aqueles que vislumbram novas possibilidades e criam os produtos para que elas se concretizem estarão sempre liderando o desenvolvimento em C & T.

Se queremos engenheiros capazes de gerar novas tecnologias ao invés de meros copiadores ou usuários de produtos originados em países altamente

desenvolvidos, é fundamental que nossos alunos sejam mais críticos, ousem discordar das informações recebidas, encorajem-se a desafiar o cotidiano, permitam-se surpreender com os fatos, não apenas perguntando "por quê?" mas retrucando "por que não?".

O grupo de alunos pesquisados mostra ter uma visão preponderantemente absolutista da Matemática, com interesses técnicos e pragmáticos bastante pronunciados. Se o ensino de Matemática, Física e Química no ciclo básico dos cursos de Engenharia continuar a privilegiar conteúdos já ultrapassados (pela possibilidade de obter os mesmos resultados de forma mais fácil com os *softwares* disponíveis) e procedimentos pedagógicos tradicionais (aulas expositivas, pouco uso de laboratório), corremos o risco de reforçar a tendência não-emancipatória detectada, o que, obviamente, contribuirá para a inadequação do futuro engenheiro às necessidades e exigências do novo milênio.

ANEXO

Na resposta a cada questão, em espaço correspondente, foi solicitado ao aluno que assinalasse uma das cinco alternativas: Concordo Plenamente; Concordo; Indeciso; Discordo; Discordo Plenamente.

Questionário sobre atitudes em relação às Ciências e à Matemática

1) É provável que muitas das informações científicas que temos nos dias atuais sejam, no futuro, apresentadas como inadequadas ou incorretas.

2) Geralmente há uma maneira que é a melhor para resolver um problema matemático.

3) Há algumas coisas que são aceitas pela ciência como verdades absolutas.

4) Os cientistas deveriam ser livres para explorar o universo e todos os aspectos da vida humana.

5) Freqüentemente, há muitas soluções corretas para um problema matemático.

6) Os avanços tecnológicos no futuro provavelmente não serão tão grandes quanto têm sido nos últimos 30 anos.

7) A matemática requer lógica e não intuição.

8) Qualquer coisa que precisamos saber pode ser encontrada através da ciência.

9) Resolver problemas é tudo o que se faz em matemática.

10) Se um ou dois cientistas têm evidências que parecem contradizer as concepções científicas atuais, esses cientistas provavelmente estão errados.

11) As mulheres são tão boas em matemática e ciências quanto os homens.

12) As invenções e descobertas científicas têm feito mais bem do que mal à humanidade.

13) Uma função importante do cientista nos dias de hoje é questionar as nossas idéias sobre ciência, vida, universo.

14) Não é apropriado que as pessoas mexam com a ordem e as intenções da natureza.

15) Deve-se ter boa memória para ter sucesso em matemática.

16) Quando as descobertas ou teorias científicas conflituam com as crenças religiosas, é melhor aceitar as crenças religiosas.

17) A pesquisa científica sem utilidade prática imediata é tão importante quanto a pesquisa focalizada na solução de problemas práticos.

18) As atividades do cientista não devem violar os valores básicos da sociedade.

19) As bolsas de estudo em matemática e ciências são melhor aproveitadas por alunos do sexo masculino do que do sexo feminino.

20) É correto basear uma decisão importante nas evidências que se têm, mesmo que seja uma decisão oposta àquela baseada no bom senso.

21) Provavelmente há tão poucas mulheres cientistas porque as mulheres não têm habilidade natural para as ciências.

22) Quando uma coisa é bem explicada, não há razão para buscar outra explicação.

23) O valor da ciência e da matemática reside na sua utilidade para resolver problemas práticos.

24) Em épocas de crise nacional, a máxima preocupação de um cientista deveria ser com a contribuição que ele pode dar para as necessidades do país, em vez de preocupar-se com interesses específicos de pesquisa.

25) Descobertas científicas não deveriam vir à público se podem criar inquietação social.

26) Matemática e ciência requerem criatividade.

27) A matemática está mudando.

28) O conhecimento matemático é importante para todos os estudantes.

29) O conhecimento científico é importante para todos os estudantes.

30) A matemática desenvolve boa habilidade de pensar.

31) A ciência desenvolve boa habilidade de pensar.

32) Há algumas verdades matemáticas que nunca serão demonstradas como falsas.

33) Não há verdades científicas.

34) As inovações matemáticas resultam de pesquisa científica e das aplicações práticas.

35) As demonstrações matemáticas requerem uma seqüência finita de passos lógicos.

36) Os computadores podem fazer coisas que os seres humanos não podem.

37) A matemática é o domínio do conhecimento infalível.

38) As verdades sobre a realidade são reveladas pela ciência e pela matemática de forma bastante lenta.

39) A ciência nos dá o conhecimento verdadeiro sobre a natureza.

40) Só as pessoas com habilidade mental não usual (gênios) têm o que é preciso para ser um matemático de sucesso.

41) A principal razão para a ciência receber verbas é econômica: a ciência promove a prosperidade.

42) A principal razão para a ciência receber verbas é intelectual: a ciência dá respostas à curiosidade humana.

43) A matemática é a ciência das abstrações.

44) O pensamento matemático consiste em ser capaz de aprender, lembrar e aplicar fatos, regras, fórmulas e procedimentos.

45) O método científico é o único caminho para a obtenção do conhecimento.

46) Só a ciência é capaz de resolver os problemas da sociedade. (Traduzido e adaptado de Fleener, 1996).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOUFLEUR, J. Interesses humanos e currículo: tendências ou dimensões? *Educação e Realidade*, v. 18, n. 2, p. 97-108, jul/dez, 1993.

COSTA, S.R.; GROU, M.A.B. La enseñanza del cálculo: una cuestión de envolucramiento. *Educación Matemática*, v.7, n.1, p.100-107, 1995.

CRONBACH, Lee J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. In: MEHRENS, W. A.; EBEL, R. L. (Org.) *Principles of educational and psychological measurement*. Chicago: Rand McNally, 1967. p. 247-273.

CURY, H.N. *Erros em soluções de problemas de Cálculo Diferencial e Integral*: análise, classificação e tentativas de superação. Porto Alegre: PUCRS, Instituto de Matemática, 1990. Relatório de pesquisa.

CURY, H.N. *As concepções de matemática dos professores e suas formas de avaliar os erros dos alunos*. Porto Alegre: UFRGS, 1994. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CURY, H.N. *Perfil do aluno de Cálculo A dos cursos de Engenharia*. Porto Alegre: PUCRS, Instituto de Matemática, 1995. Relatório de pesquisa.

CURY, H.N.; SOUZA, M.L.A. Avaliação de disciplinas matemáticas em um currículo de engenharia. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 4., 1992, Blumenau. *Anais*. Blumenau: FURB, 1995. p. 124.

DIRETRIZES curriculares para os cursos de engenharia. Disponível na Internet. http://bve.cibec.inep.gov.br/Avaliação/AvaliacaoFrame.asp?b=superior.htm

DOMINGUES, J. L. Interesses humanos e paradigmas curriculares. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, v. 67, n. 156, p. 351-366, maio/ago., 1985.

ERNEST, Paul. The impact of beliefs on the teaching of mathematics. In: ERNEST, P. (Ed.) *Mathematics teaching*: the state of the art. 2. ed. London: Falmer, 1991. p. 249-254.

ERNEST, Paul. The knowledge, beliefs and attitudes of the mathematics teacher: a model. *Journal of Education for Teaching*, v.15, n.1, p.13-33, 1989.

FERRINI-MUNDY, J. ; GRAHAM, K.G. An overview of the calculus curriculum reform effort: issues for learning, teaching and curriculum development. *American Mathematical Monthly*, v.98, n.7, p.627-635, 1991.

FLEENER, M. J. Scientific world building on the edge of chaos: high school student's beliefs about mathematics and science. *School Science and Mathematics*, v. 96, n. 6, p. 312-320, Oct., 1996.

HABERMAS, J. *Ciencia y tecnica como "ideología"*. Madrid: Tecnos, 1994.

LONGO, W.P.; TELLES, M.H.C. Programa de desenvolvimento das engenharias: situação atual. *Revista do Ensino de Engenharia*, n.19, p.74-82, 1. sem. 1998.

LOTUFO, A.D.P. et al. A evasão e repetência escolar relacionadas com a metodologia de ensino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 25., Salvador, 1997. *Anais*. p.2148-2160.

LÖWY, M. *Ideologias e ciências sociais* : elementos para uma análise marxista. São Paulo: Cortez, 1993.

MEYER, H. *Unterrichtsmethoden*. Frankfurt am Mein: Scriptor Verlang, 1987.

MORGAN, A. T. A study of the difficulties experienced with mathematics by engineering students in higher education. *Int. J. Math. Educ. Sci. Technol.* v.21, n.6, p.975-988, 1990.

PALIS, G.R. Computadores em Cálculo: uma alternativa que não se justifica por si mesma. *Temas & Debates*, v.8, n.6, p.22-38, 1995.

PINENT, C. E.C. Situando Habermas. *Educação*, v. 18, n. 29, p. 31-40, 1995.

PINENT, C. E.C. *Ação comunicativa: possibilidades de uma prática educacional ancorada na filosofia de Habermas*. Porto Alegre: PUCRS, 1996. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

RETAMAL, I.G.; DEZEREGA, L.C. Algunas dificultades de aprendizaje detectadas en alumnos de Calculo Diferencial. *Educación Matemática*, v.4, n.1, p.54-64, 1992.

SELLTIZ, Claire. et al. *Métodos de pesquisa nas relações sociais*. São Paulo: EPU/EDUSP, 1975.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

Helena Noronha Cury

Licenciada em Matemática, 1969, Faculdade de Filosofia, UFRGS; Bacharel em Matemática, 1972, Instituto de Matemática, UFRGS; Especialista em Fundamentos da Matemática e Análise, 1985, Instituto de Matemática, PUCRS; Mestre em Educação, 1989, Faculdade de Educação, UFRGS; Doutora em Ciências Humanas-Educação, 1995, Faculdade de Educação, UFRGS. Local de Trabalho: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Função: Professora Titular. Área de Atuação: Ensino de Cálculo Diferencial e Integral e de Álgebra. Assuntos de interesse atual na educação em engenharia: Ensino de Cálculo Diferencial e Integral; Uso de computadores no ensino de Cálculo; Educação à Distância.

Carlos Eduardo da Cunha Pinent

Engenheiro Mecânico, 1969, PUCRS; Especialista em Estatística, 1972, PUCRS; Curso Superior de Estadística, 1973, Universidad Complutense de Madrid; Mestre em Educação, 1992, Faculdade de Educação, PUCRS; Doutor em Educação, 1996, Faculdade de Educação, PUCRS. Locais de Trabalho: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; Universidade de Caxias do Sul. Função: Professor Adjunto. Área de Atuação: Ensino de Estatística. Assuntos de interesse atual na educação em engenharia: Ensino de Estatística; Uso de computadores no ensino de Estatística.

O ENSINO EXPERIMENTAL DE CIÊNCIAS TÉRMICAS NO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA UFSC

Vicente de Paulo Nicolau[1] & Saulo Güths[2]

RESUMO

Este artigo apresenta uma contribuição para o ensino experimental de Ciências Térmicas. É feito um relato histórico e da situação atual no tocante ao ensino de laboratório, através de disciplinas obrigatórias no Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina. Apresenta-se ainda o conteúdo de uma disciplina optativa oferecida a este curso, bem como uma avaliação dos resultados obtidos até o presente momento.

Palavras-Chave: Laboratório de ensino, experimentos, ciências térmicas

ABSTRACT

This paper presents an Experimental Thermal Science undergraduating course carried out in the Mechanical Engineering Course of the Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil. Contents, programs and methodology are included, as well as historical and present aspects of the teaching process of Experimental Thermal Science in a Mechanical Engineering Course.

Keywords: Didactic laboratory, experimental teaching, thermal sciences

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem crescido a preocupação com o ensino nas mais diversas áreas, sobretudo na área de Engenharia. Várias questões têm sido colocadas no tocante à qualidade de ensino, à necessidade de reformulação de currículos, sem ainda se obter respostas satisfatórias. O assunto está em franca discussão por pessoas envolvidas com atividades em sala de aula, não se limitando a especialistas no assunto. É notável como congressos técnicos têm ultimamente reservado um espaço para o tema *ensino de engenharia*, com apresentação de trabalhos e palestras (Albizzati et al., 1996; Giacaglia,1977; Bell, 1996). Várias obras têm se dedicado ao tema, como Pereira e Bazzo (1997) e Von Linsingen et al. (1999).

Face à elevada velocidade de desenvolvimento científico e tecnológico, é unânime a opinião de que a formação tradicional deve ser mudada, de que o profissional a ser colocado no mercado de trabalho deve ser diferente. No entanto, no momento de se apontar os novos rumos e as mudanças a serem implementadas, ainda surgem grandes dificuldades. Como estabelecer no dia-a-dia as rotinas que irão resultar na formação desse novo profissional tão almejado é a questão que não encontra consenso. Logicamente as discussões irão avançar, as novas experiências suceder-se-ão e não se deve esperar uma solução universal; soluções adaptadas a cada área em particular e a cada instituição deverão surgir. Como em um sistema de controle, é necessário uma atenção permanente de todos os elementos envolvidos, executando as correções pontuais requeridas, de

[1] Professor, Doutor. E-mail: vicente@lmpt.ufsc.br
[2] Pequisador, Doutor.. Laboratório de Ciências Térmicas, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, CEP 88010 - 970, Florianópolis, SC, Brasil. Fone: (0xx48) 331 9812/9851. E-mail: saulo@lmpt.ufsc.br

modo a procurar otimizar o funcionamento do conjunto. Entre o conservadorismo extremado de se ater ao modelo que está funcionando, arraigado no comportamento dos indivíduos em geral e a adesão aos modismos que surgem aqui e acolá, atraindo a atenção geral como se fosse uma mercadoria à venda, há um grande espaço de trabalho.

Mais particularmente, a indissociabilidade entre ensino e pesquisa, até então tida como vital a ambas as partes, começa a ser questionada, em função da necessidade de uma dedicação plena e crescente. O profissional deve ser um excelente professor e ao mesmo tempo um pesquisador de renome e de grande produção científica. O assunto é bastante discutido por Kourganoff (1990), que afirma que não se pode esperar que um bom professor seja ao mesmo tempo um bom pesquisador: somente em alguns casos isto deve acontecer. Certamente um bom professor não deve se ater somente à sala de aula. Além de ser um bom professor com as suas inúmeras qualidades, deve também ser um especialista na sua área, devendo conhecer o que ensina. Esse conhecimento pode ser obtido através de uma atualização freqüente, de pesquisa e de experimentação. Nos moldes atuais, um pesquisador, por estar ligado à fronteira de avanço da ciência e da tecnologia, estaria envolvido em uma série de atividades, com uma intensa ocupação de sua agenda, que pouco sobrará de tempo para dedicação ao ensino. Como ainda não há uma definição dos papéis a serem assumidos individualmente pelos professores universitários, resta a grande angústia gerada pela incapacidade de se satisfazer os dois papéis ao mesmo tempo.

A contribuição deste artigo reflete também uma preocupação com o tema *ensino*, sendo no entanto mais restrita e limitando-se à exposição e análise de como é tratada a questão do ensino experimental: o ensino de laboratório. Esse representa uma ferramenta adicional bastante eficiente, à disposição dos professores, que permite aos alunos observar a dimensão exata de um problema, que é mostrado em sua plenitude. Os modelos são em seguida usados, de forma a se verificar a sua validade em relação ao fenômeno observado.

Outras ferramentas encontram-se disponíveis, como as que permitem realizar simulações numéricas em computador. Essas possuem extrema facilidade de manuseio e rapidez no estudo da influência dos diversos parâmetros envolvidos no fenômeno. No entanto, apesar da facilidade de trabalho e do atrativo que o computador representa nos dias atuais, acredita-se que o laboratório seja ainda de extrema necessidade para a formação dos estudantes. Naturalmente, os experimentos devem ser bem programados e bem construídos, de modo que dêem resultados coerentes com resultados publicados na literatura técnica pertinente e que também sejam atrativos aos seus usuários.

ASPECTOS HISTÓRICOS

Nos primeiros anos do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina houve uma grande preocupação com o ensino de laboratório, promovendo-se a instalação de vários equipamentos como:

- central de potência a vapor completa, com caldeira, turbina e gerador elétrico;
- central de potência hidráulica, com bombas de recalque e turbinas Kaplan, Francis e Pelton;
- central de potência a gás, com uma unidade completa, em escala reduzida;
- bancadas experimentais em mecânica dos fluidos e transmissão de calor;
- bancadas experimentais em motores de combustão interna.

As aulas eram programadas com o auxílio de alunos monitores, de forma a atender a demanda, que na época era menor do que nos dias atuais. No entanto, com o passar do tempo, os equipamentos foram se tornando obsoletos, sem manutenção, caindo em desuso. Apenas alguns motores de combustão interna e uma bancada de ensaio de bombas centrífugas foram mantidos como bancadas experimentais em uso para o ensino.

Além da obsolescência, outros fenômenos vieram a modificar o panorama dos primeiros anos: o início dos trabalhos de pesquisa e a falta de espaço físico. Os trabalhos de pesquisa foram iniciados a partir do retorno dos docentes que estavam em formação em outras instituições nacionais e sobretudo estrangeiras. Estes trabalhos foram tomando vulto com equipes ou grupos de pesquisa sendo formados. O professor responsável ou mesmo participante nestes grupos teve seu tempo tomado pouco a pouco. Os espaços necessários à instalação dos laboratórios de pesquisa foram sendo criados e ampliados, muitas vezes com o retrocesso daqueles destinados ao ensino.

Assim, houve uma alteração no quadro inicial com uma grande redução no número de aulas de laboratório, passando-se por um período de pouca atividade.

QUADRO ATUAL

Apenas recentemente levantou-se novamente a necessidade de um apoio maior ao ensino de graduação, incluindo a previsão de mais aulas de laboratório, uma vez que as atividades de ensino estavam praticamente restritas às salas de aula. Com vistas a um aumento do número de aulas de laboratório, novos experimentos foram construídos e programados. Na área de Ciências Térmicas deu-se ênfase à Transmissão de Calor e à Mecânica dos Fluidos. Em Transmissão de Calor três experimentos foram programados:

- uso de termopares na medição de temperatura;
- medição de temperatura ao longo de aletas cilíndricas de diferentes materiais metálicos;
- medição de emissividade e de temperatura sem contato.

Em Mecânica dos Fluidos foi necessário acrescentar uma hora-aula/semana para realizar as aulas de laboratório, incluindo-se três experimentos para medição e quatro para visualização:

- medição de empuxo e de forças sobre superfícies;
- medição de velocidade e de vazão através do uso dos tubos de Pitot, Venturi e de placas de orifício;
- medição de perda de carga em tubulações retas e acessórios.
- visualização de escoamento externo em túnel de fumaça;
- visualização de escoamento em mesa d'água;
- visualização da perda de pressão em tubulações retas e em acessórios;
- experimento de Reynolds para observação dos regimes de escoamento laminar e turbulento.

Pode-se acrescentar que em Máquinas de Fluxo montou-se ainda uma bancada para ensaio de um ventilador, com a variação de rotação e de vazão do mesmo. Alguns experimentos são ainda oferecidos na disciplina de ventilação industrial, como a medição de tiragem, exaustão e outras variáveis de interesse.

A grande dificuldade em disciplinas obrigatórias aparece em função do elevado número de alunos, em média 75 alunos em duas turmas. Como dispõe-se de apenas uma bancada para cada tipo de experimento, é necessário a divisão das turmas em grupos ou equipes, os quais são orientados por um aluno monitor. Os alunos realizam então o experimento fora do horário normal de aula. Um roteiro é fornecido, permitindo o acompanhamento do experimento e a confecção de um relatório.

DISCIPLINA ESPECÍFICA DE LABORATÓRIO

Considerando que a carga horária de aulas de laboratório ainda deveria ser complementada, tendo em vista o relativamente baixo número de horas previsto nas disciplinas obrigatórias, criou-se uma disciplina específica de caráter optativo. Em geral essas disciplinas optativas atendem um máximo de 15 alunos, tendo como alvo os alunos que se direcionam a uma área específica. Essa disciplina tem como pré-requisitos as disciplinas Mecânica dos Fluidos e Transmissão de Calor, atendendo alunos da 6ª até a 10ª fase do curso. Tem como objetivo principal um contato direto dos alunos com a prática de laboratório, envolvendo a montagem do experimento, o processo de medição, a confecção de relatórios e a apresentação final com a discussão desses resultados obtidos. Portanto, além da aplicação dos conceitos e dos princípios estudados em sala de aula, a disciplina optativa proporciona uma certa vivência de laboratório, permitindo que o aluno participe na condução de um experimento, tomando conhecimento dos erros e das dificuldades inerentes aos experimentos. Desenvolve ainda o seu espírito de iniciativa, uma vez que as dificuldades surgidas deverão ser superadas por ele mesmo ou em conjunto com o seu colega de equipe. Vale lembrar que vários cursos de Engenharia Mecânica no Brasil já possuem disciplinas semelhantes e iniciativas de treinamento de docentes na área já foram executadas (Freire et al., 1982).

Assim, vários experimentos foram construídos, visando uma cobertura ampla da área de Ciências Térmicas, de forma que não exista repetição nos tópicos programados. A cobertura ainda não é completa e novos experimentos ainda deverão surgir.

Os experimentos disponíveis são listados à seguir:

1. Medição de Temperatura - Compreensão dos Efeitos Peltier e Seebeck. Calibração de um termopar

tipo T e de uma termo-resistência do tipo PT100. Verificação da influência de um metal intermediário numa junção termoelétrica.

2. Determinação do coeficiente de troca de calor por convecção. Através do uso de fluxímetros e termopares embutidos analisa-se o fenômeno de convecção natural em uma placa plana vertical. O valor médio do coeficiente de troca de calor pode ser obtido por faixas ao longo da placa vertical, a partir da montagem de fluxímetros de 1 mm de espessura e 10 mm de largura (Güths e Nicolau, 1997).

3. Resfriamento de uma esfera. O experimento consiste no estudo das trocas de calor por convecção e radiação de uma esfera metálica submetida a um regime de resfriamento brusco em ar ou em água, por convecção natural ou forçada. A esfera pode ser polida ou pintada com tinta de alta emissividade.

4. Determinação da condutividade térmica. Utilização do método estacionário de placa quente para a medição da condutividade térmica. Uma resistência elétrica plana permite impor um fluxo de calor sobre uma amostra. Este fluxo é medido por dois fluxímetros instalados um em cada face da mesma. Mede-se também a diferença de temperatura resultante, calculando-se, então, a condutividade térmica.

5. Medição da emissividade de superfícies e de temperatura sem contato. Através do uso de um radiômetro, mede-se as temperaturas de uma placa com diferentes acabamentos (até 100°C). As temperaturas também são medidas com termopares colados à superfície. Um valor de emissividade deve ser regulado no radiômetro de forma a igualar os valores de temperatura medidos pelo radiômetro e pelos termopares (Nicolau e Güths, 1997).

6. Comportamento de diferentes acabamentos superficiais à radiação solar. Diferentes superfícies são expostas ao sol, medindo-se as suas temperaturas através de termopares. Conhecidas as propriedades radiativas destas superfícies, estima-se os diferentes valores de radiação incidentes. Compara-se estes valores com os valores medidos por instrumentos padrões.

7. Levantamento da curva de pressão de vapor para a água. Água é aquecida até 100°C, fervendo um certo tempo. Com o aquecimento desligado e o recipiente fechado, ocorre o processo de resfriamento até a temperatura ambiente. Mede-se a temperatura e a pressão durante este processo (Nicolau et al., 1997).

8. Escoamento externo em cilindros. Em um túnel de vento mede-se a força de arraste causada pelo escoamento de ar, bem como a distribuição de pressão ao redor de um cilindro normal ao escoamento. A distribuição de pressão é integrada, chegando-se próximo ao valor da força de arraste medida.

9. Viscosímetro capilar. Através de um reservatório de Mariotte e de um tubo capilar vertical, escoa-se um fluido em regime laminar. Através de uma calibração prévia e da medição da vazão, obtém-se a viscosidade do fluido, usando-se no cálculo os demais parâmetros como diâmetro, comprimento, etc.

10. Viscosímetro de esfera. Em um reservatório contendo o líquido a ensaiar, solta-se uma esfera em queda livre. Mede-se o tempo dispendido pela mesma para percorrer uma distância pré-determinada e através da equação de Stokes, obtém-se a viscosidade. Neste caso o número de Reynolds do escoamento deve ser inferior à unidade.

11. Medição de pressão e de vácuo. Nesta bancada comparam-se os resultados obtidos com um manômetro de Bourdon e um transdutor de pressão, para pressões crescentes. Para o caso de vácuo, usa-se um detector tipo Pirani, comparado a um transdutor de pressão absoluta.

12. Medição de umidade relativa. Compreensão do princípio de medição da umidade relativa, utilização da carta psicrométrica e de diferentes instrumentos. Uso de um equipamento de condicionamento do ar a diferentes valores de umidade relativa através de um processo de saturação e posterior aquecimento.

13. Ventilador radial. Levantamento de curvas características como pressão de saída-vazão, potência consumida-vazão e rendimento-vazão. Medição do torque de acionamento e rotação do motor elétrico. Possibilidade de variação da rotação para estudos de semelhança.

14. Bombas centrífugas. Levantamento de curvas características como pressão de saída-vazão, potência consumida-vazão e rendimento-vazão. Possibilidade de variação da rotação para estudos de semelhança. Montagem em série e em paralelo de duas bombas idênticas.

15. Bomba de calor para estudo do ciclo de refrigeração, através de medição de temperaturas e de pressões em diversos pontos do ciclo. Possibilidade de cálculo da eficiência do conjunto e de execução de balanços de energia nos trocadores de calor.

Os experimentos são, em geral, simples e baseados em idéias simples, cobrindo as disciplinas de Termodinâmica, Mecânica dos Fluidos e Transmissão de Calor. No entanto, estes experimentos devem funcionar a contento, de forma a não confundir mais o aluno, fornecendo resultados confiáveis e servindo de exemplo prático. São em geral construídos no próprio laboratório, estando ajustados às necessidades do mesmo. Adquire-se apenas os instrumentos de medição, reduzindo-se bastante os custos de implantação de um laboratório. A aquisição de bancadas inteiras, prontas, nem sempre atende às necessidades e nem sempre apresentam resultados satisfatórios, além de representarem um custo muito mais elevado.

A metodologia de ensino usada consistiu em princípio na divisão da turma em duplas de alunos. A cada dupla foi destinado um experimento, o qual deveria ser dominado no primeiro mês de aula. As medições eram feitas, os problemas deveriam ser sanados e um relatório era apresentado. Após este período inicial havia um sistema de rodízio pelos experimentos. A cada semana uma dupla apresentava o seu experimento e os respectivos resultados em sala de aula. Uma discussão era feita e durante a semana as demais duplas faziam aquele experimento, orientados por um dos alunos da dupla anfitriã. Um pequeno relatório era apresentado por estas duplas em rodízio.

A partir do segundo semestre de 1998 (98/2), mudou-se a metodologia que diferiu da anterior apenas no fato de que após a apresentação, em sala de aula, do experimento da semana pela dupla responsável, havia a discussão seguida de uma visita ao laboratório onde os alunos podiam observar o experimento em funcionamento, estabelecendo-se a discussão da montagem em nível prático. Apenas o relatório do experimento adotado pela dupla passou a ser cobrado, de modo que cada aluno passou a confeccionar apenas um relatório.

A avaliação final toma em consideração uma ponderação entre a nota dos relatórios executados, o desempenho da equipe na preparação e apresentação do experimento, bem como a presença às aulas.

RESULTADOS OBTIDOS

O resultado da implantação desta disciplina foi bastante satisfatório no período inicial, na primeira turma (por um problema de programação e horário não houve alunos na segunda turma). Houve uma grande demanda, pois inclusive na época não haviam sido programadas as aulas de laboratório de mecânica dos fluidos. No entanto este interesse nem sempre foi mantido, havendo uma flutuação no número de matrículas, conforme mostrado na tabela 1. Esta tabela mostra também que a média foi sempre elevada. A diminuição do interesse se deveu sobretudo à carga didática exigida, segundo constatou-se junto aos próprios alunos. A necessidade de preparar os diversos relatórios tomava bastante tempo aos estudantes, sobretudo quando tentavam usar os diversos aplicativos computacionais para a preparação de textos, figuras e gráficos. Esta carga de trabalho era exigida na 7ª ou 8ª fase, ou seja, no 4º ano, onde a disciplina pode ser cursada, em função dos pré-requisitos necessários. No 4º ano ainda existe um número elevado de disciplinas obrigatórias e optativas com elevada carga didática. Também nesta etapa os alunos começam a se envolver em atividades externas de procura de estágios para a última fase do curso, que, juntamente com as suas atividades de pesquisa de iniciação científica, resultam numa sobrecarga de atividades.

Tabela 1. Nº de alunos e médias obtidas em cada semestre

Semestre	Nº de Alunos	Média
95/2	18	8,0
96/1	0	-
96/2	9	8,1
97/1	14	8,6
97/2	8	8,3
98/1	5	8,7
98/2	15	7,8
99/1	16	8,7
99/2	14	8,0

A partir de uma mudança na forma de avaliação, passando-se a exigir apenas um relatório, houve um aumento no número de inscritos, sempre beirando o limite máximo de 15 alunos e às vezes até mesmo ultrapassando este limite.

CONCLUSÃO

É relatada neste texto a experiência de implantação de uma disciplina optativa concernente ao ensino de laboratório na área de Ciências Térmicas. Um

aprimoramento da disciplina e uma mudança na forma de avaliação, foram essenciais para o seu sucesso, traduzido em um aumento do número de alunos inscritos em cada semestre, mantendo-se atualmente próximo ao limite do número de vagas oferecidas.

Entretanto, à parte o sucesso dessa disciplina optativa, deve-se considerar que o laboratório em si, representa um elemento didático chave no processo de ensino, mas que deve ser usado simultaneamente com a introdução da parte teórica em sala de aula. A separação das duas partes por um tempo igual ou superior a um semestre reduz bastante a sua eficiência, pois os alunos, ao se depararem com a parte teórica, não terão o apoio experimental. Ao realizarem a parte experimental posteriormente, já terão perdido o contato com a primeira. Seria recomendável, portanto, incorporar as atividades de laboratório às disciplinas teóricas obrigatórias. Isso seria possível a partir de uma simples previsão do ministrante e apenas em casos mais extremos haveria a necessidade de um aumento do número de horas-aula da disciplina.

BIBLIOGRAFIA

ALBIZZATI, E.D., ARESE, A. N., ESTENOZ, D.A., ROSSETI, G.H. Enseñanza y aprendizaje activo de los fundamentos de la transferencia de calor y materia. In: VI ENCIT/VI LATCYM, Florianópolis, 1996, pp. 355-358,.

BELL, K.J. Engineering Education: What Do the Engineers Think? In: Heat Transfer Engineering, vol.17, n.4, 1996, pp. 3-4.

BENEDICT, R. P. Fundamentals of temperature, pressure and flow measurements. New York: John Wiley & Sons, 1984.

DELMÉE, G. Manual de medição de vazão. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

DOEBELIN, E. O. Measurement Systems: application and design. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

FREIRE, J. T. et al. Curso de treinamento de docentes em laboratório didático de fenômenos de transporte, São Carlos-SP: UFSCar, 1982. 183p.

FOX, R.W., MCDONALD, A. T. Introdução à mecânica dos fluidos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1981.

GIACAGLIA, G.E.O. Ensino de engenharia face à sociedade. In: COBEM 97, Bauru-SP, 1997, artigo 1511.

GÜTHS, S., NICOLAU, V.P. Um experimento didático em convecção natural. In: COBEM 97, Bauru-SP, 1997, artigo 1211.

INCROPERA, F.P., DEWITT, D.P. Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.

KOURGANOFF, W. A Face Oculta da Universidade. São Paulo: UNESP, 1990.

NICOLAU, V.P., GÜTHS, S. Medição de emissividade e de temperatura sem contato. In: COBEM 97, Bauru-SP, 1997, artigo 1422.

NICOLAU, V.P, LEHMKUHL, W.A., CUNHA NETO, J.A.B. Levantamento de curvas de pressão de vapor – experimento didático. In: COBEM 97, Bauru-SP, 1997, artigo 1005.

PEREIRA, L.T.V., BAZZO, W. Ensino de engenharia: na busca do seu aprimoramento. Florianópolis: UFSC, 1997.

VAN WYLEN, G., SONNTAG, R. Fundamentos da termodinâmica clássica. São Paulo: Edgard Blücher, 1992.

VON LINSINGEN, I., PEREIRA, L.T.V., CABRAL, C.G., BAZZO, W. A. (Org.) Formação do engenheiro. Florianópolis: UFSC, 1999.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

Vicente de Paulo Nicolau

Engenheiro Mecânico, UFSC, 1977; Mestrado Eng. Mecânica, UFSC, 1980; Doutorado em Ciências Térmicas, INSA de Lyon, França, 1994; Professor Adjunto do Depto. de Engenharia Mecânica, UFSC; Supervisor do Laboratório de Ciências Térmicas. Área de interesse: ensino experimental em ciências térmicas; radiação térmica; instrumentação.

Saulo Güths

Engenheiro Mecânico, UFSC, 1988; Mestrado Eng. Mecânica, UFSC, 1990; Doutorado em Ciências Térmicas, Université de Lille, França, 1994; Pesquisador do Depto. de Engenharia Mecânica, UFSC, área de Ciências Térmicas; Área de interesse: ensino experimental em ciências térmicas, instrumentação, condução de calor.

VERTICALIZAÇÃO E INTEGRAÇÃO CURRICULAR: PRINCÍPIOS E FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS DA NOVA PROPOSTA DE ESTRUTURA CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FEIS/UNESP

José Augusto de Lollo[1] & Milton Dall'Áglio Sobrinho[2]

RESUMO

O presente artigo descreve a filosofia da nova estrutura curricular proposta para o Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP. A constatação dos problemas decorrentes da atual estrutura vigente (índices de evasão e repetência e formação fragmentada do profissional), as disposições legais atualmente em vigor no Brasil que orientam os cursos superiores, e o entendimento das necessidades atuais e futuras do profissional da área, foram os pontos de partida para a proposição desta estrutura. Sua filosofia baseia-se numa formação sólida fundamental e na aquisição do conhecimento de forma integrada e contextualizada, com ênfase nos aspectos humanísticos, principalmente no que diz respeito à questão ambiental.

Palavras-Chave: Estrutura Curricular, Engenharia Civil

ABSTRACT

This paper describes the philosophy of new curricular structure for Civil Engineer Course of State of São Paulo University (UNESP) at Ilha Solteira. The previous structure existing problems (evasion and repeats indexes and the fragmentation of knowledge), the actual laws who discipline college education in Brazil, and actual and future necessities of this kind of professional were the start points to us propose this structure. Structure philosophy is based on solid fundamental professional formation and integrated knowledge acquisition, considering social and economics boundaries and with emphasis in environmental problems.

Keywords: Curricular Structure, Civil Engineer

INTRODUÇÃO

A partir do ano de 1996 o Conselho de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira passou a avaliar o desempenho da estrutura curricular implantada em 1988, e em vigor até os dias de hoje, considerando os ajustes que a mesma necessitasse de forma a se tornar mais eficaz na formação e menos rígida em seu seqüenciamento e encadeamento de pré-requisitos entre disciplinas.

Além destes aspectos práticos, as discussões iniciais mostravam a preocupação com o perfil do profissional que se pretendia formar, de maneira a proporcionar ao mesmo boa adaptação a um mercado em crescente diversificação e cada dia mais exigente.

As discussões em termos do perfil do egresso indicaram claramente a opção por uma formação generalista, porém com algum diferencial para tornar este profissional mais competitivo no mercado.

[1] Professor, Doutor, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Alameda Bahia, 550, Ilha Solteira, SP. CEP 15385 - 000, Fone: (0xx18) 762 3121, Fax: (0xx18) 762 3121. E-mail: lolloja@dec.feis.unesp.br

[2] Professor, Doutor, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Alameda Bahia, 550, Ilha Solteira, SP. CEP 15385 - 000, Fone: (0xx18) 762 3121, Fax: (0xx18) 762 3121. E-mail: milton@dec.feis.unesp.br

A sanção, em 1996, da Nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional veio tornar esta discussão mais profícua pois a nova lei proporciona maior flexibilidade para os cursos superiores na proposição de suas estruturas curriculares. Um grande benefício daí advindo foi a extinção do antigo currículo mínimo, o qual estabelecia cargas horárias e conteúdos mínimos por disciplinas e, cuja interpretação, no âmbito das universidades brasileiras, fez com que qualquer iniciativa de alteração com inclusão de novos conteúdos significasse aumento de carga horária em estruturas curriculares já bastante sobrecarregadas, muitas com mais de 4.000 horas de atividades previstas.

Um dos aspectos mais interessantes da lei foi a criação das diretrizes curriculares, as quais têm o papel de orientar as estruturas curriculares sem no entanto prendê-las a critérios rígidos. No âmbito das engenharias tal discussão envolveu todas as universidades brasileiras durante os anos de 1997 e 1998, com colaborações significativas de órgãos do setor produtivo tais como organizações patronais e conselhos profissionais.

Dentro deste novo contexto a Comissão de Reestruturação Curricular do Curso de Engenharia Civil da FEIS-UNESP teve então autonomia para propor a estrutura curricular ora apresentada, cujos principais objetivos são: redução da carga horária do curso, enfoque na solução de problemas reais e ênfase nos estudos ambientais.

A ESTRUTURA VIGENTE

Um pressuposto fundamental para estudos visando a proposição de uma nova estrutura curricular é a constatação de que a estrutura em vigor apresenta deficiências impossíveis de serem sanadas com alteração ou correções, demandando estudos sérios antes que se chegue a este tipo de conclusão.

No caso em questão estes estudos incluíram a avaliação do curso através de questionários respondidos por docentes, alunos e ex-alunos do curso entre os anos de 1992 e 1998 além de estudos específicos envolvendo: (1) pré-requisitos existentes na estrutura curricular; (2) índices de evasão e repetência do curso, e (3) avaliação da sobreposição de assuntos e encadeamento do conhecimento na seqüência de disciplinas existentes no curso.

Deficiências da Estrutura em Vigor

O principal indicador de preocupação acerca do desempenho da estrutura curricular em vigor foi a baixa relação entre alunos ingressantes e alunos formados após 5 anos de curso (termo médio do curso) o qual, desde o início da década de 90, constatou-se situar-se na faixa de 30%. Este parâmetro indicava altos índices de retenção, os quais poderiam estar associados a índices significativos de evasão e repetência, como se pôde posteriormente verificar através de estudos específicos para esta finalidade.

A baixa relação entre ingressantes e formandos apontou a necessidade de estudos mais profundos, os quais indicaram fatores importantes que proporcionavam tal resultado:

(1) havia uma grande falta de interesse dos alunos das primeira séries do curso com relação às disciplinas básicas já que os mesmos não conseguiam avaliar corretamente a importância destas disciplinas para sua formação futura;

(2) há, na estrutura curricular em questão, seqüências extensas de pré-requisitos entre disciplinas (as vezes chegando a totalizar oito semestres em um curso com um total de dez semestres) o que fazia com que alunos com poucas reprovações (duas ou três) tivessem atrasos de um ano em seu tempo de conclusão de curso;

(3) o contato dos alunos com determinados assuntos fundamentais na evolução de seu conhecimento futuro em outras disciplinas acontecia em alguns casos tardiamente ou precocemente;

(4) a estrutura apresenta um excessivo número de atividades em ambiente escolar (sala de aula) inviabilizando trabalhos extra-sala (individuais ou em grupo) de ordem mais prática;

(5) a pulverização do conhecimento sem uma inter-relação clara entre assuntos propicia ao aluno uma visão compartimentada do conhecimento dificultando a integração do conhecimento entre diferentes disciplinas;

(6) a estrutura apresenta disciplinas semestrais porém o sistema de matrícula é anual, o que faz com que as disciplinas não sejam oferecidas todos os semestres, dificultando ainda mais qualquer possibilidade de recuperação por parte dos alunos.

É importante ressaltar que mesmo com as deficiências notadas os profissionais formados têm tido êxito na ocupação de postos no mercado de

trabalho e que nos processos de avaliação do Ministério de Educação o curso tem sido bem avaliado, tanto no que diz respeito aos resultados do Exame Nacional de Cursos (adotado para a Engenharia Civil a partir de 1996), promovido pelo Instituto Nacional de Pesquisas e Estudos Educacionais nos anos de 1996 a 1998, INEP (1996, 1997 e 1998), como nos processo de avaliação das condições de oferta realizado pela Secretaria de Educação Superior (MEC, 1998a).

Sinais de Ineficiência da Estrutura Curricular em Vigor

O problema observado em termos de baixo índice percentual de formandos após cinco anos por turma de ingressantes indicava claramente uma forte retenção entre os alunos, porém havia ainda uma dúvida: qual o motivo desta retenção; seria toda ela relacionada à repetência ou haveria uma forte contribuição de evasão de alunos?

Estas questões coincidiram com uma preocupação maior (em toda a UNESP) com o problema da evasão escolar a qual levou ao desenvolvimento de um programa institucional que visava avaliar e analisar evasão no âmbito de toda a universidade.

Para o Curso de Engenharia Civil da FEIS/UNESP este estudo mostrou índices médios de evasão da ordem de 50% entre 1985 e 1989, índices considerados altos mesmo para cursos da área de exatas.

Porém os estudos realizados nas unidades universitárias sob a coordenação da Pró-reitoria de Graduação (UNESP, 1995), e que abrangeram toda a universidade, consideraram válidas somente as chamadas "séries completas" (aquelas que já houvessem completado o termo máximo para conclusão do curso, que é de nove anos no caso dos cursos de engenharia).

Assim a última turma considerada no estudo era a turma de 1989, exatamente uma turma anterior à implantação da estrutura curricular em vigor (implantada em 1989, e tendo seus efeitos apenas sobre a turma de 1990).

Estudos realizados com as "séries incompletas" (turmas de 1990 a 1993) no entanto mostravam índices de evasão bem menos significativos (médias em torno de 30%) que poderiam ser considerados normais uma vez que se situavam abaixo da média da UNESP e da média brasileira para cursos de engenharia (índices de evasão da ordem de 40%).

Para o Curso de Engenharia Civil de Ilha Solteira esses estudos no entanto criavam uma séria dúvida: se os índices de evasão para as turmas mais recentes (estrutura curricular de 1989) estavam na faixa de 30%, por que a porcentagem de formandos no termo médio era de cerca de 35%? Obviamente havia outro fator a ser considerado e esse fator só poderia ser a repetência.

Essa constatação levou o Conselho de Graduação em Engenharia Civil a desenvolver (entre os anos de 1996 e 1997) um profundo estudo sobre a questão da repetência no âmbito do curso.

Esse estudo baseou-se não só na análise de dados fornecidos pela administração da Faculdade mas também nos questionários de avaliação aplicados semestralmente aos alunos, além de entrevistas com alunos (atuais, ex-alunos, e evadidos) visando avaliar não só o processo de repetência mas também caracterizar os motivos da evasão (CGEC, 1997).

O estudo mostrou basicamente que no Curso de Engenharia Civil de Ilha Solteira a repetência se concentrava nos primeiros dois anos de curso (chamado ciclo básico) nas disciplina Física e Cálculo e se dava como fruto não só das dificuldades encontradas pelos alunos nestas disciplinas mas, principalmente, pela falta de estímulo dos alunos com relação ao curso em seus primeiros anos.

A dificuldade de entender com clareza os motivos da existência de tais disciplinas funciona como um estímulo negativo a seu estudo, assim, os alunos, mesmo que vindo a ser aprovados na disciplina, não a aproveitam de forma correta, orientando seus estudos unicamente no sentido de sua aprovação.

Esse baixo índice de aproveitamento se reflete em anos seguintes na forma de deficiências de conhecimento sobre assuntos básicos do curso e, quando convertido em reprovação na disciplina, cria mais um estímulo negativo: a falta de coragem de lutar e prosseguir no curso.

É interessante notar que dentre os alunos evadidos mais de 85% eram alunos que tiveram um número significativo de repetências nos primeiros dois anos de curso ou várias repetências seguidas em uma mesma disciplina.

O índice de alunos que se evadiram por outra opção de carreira profissional, por optarem por outra universidade, ou por motivos financeiros, raramente atingiu 10%.

A RECENTE VISÃO DO ENSINO UNIVERSITÁRIO NO BRASIL

Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira

A Nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional foi sancionada em 20 de Dezembro de 1996 (BRASIL, 1996) e apresentou alguns princípios que vieram a proporcionar, em tese, maior autonomia às instituições de ensino superior sobre o destino de suas estruturas curriculares. Os principais tópicos considerados de interesse na Lei são listados a seguir.

O Art. 12 prevê que compete aos estabelecimentos de ensino "elaborar e executar sua proposta pedagógica". Esse princípio, apesar de antigo e consagrado em outras leis, não permitia grande autonomia pedagógica às instituições de ensino superior na vigência da antiga legislação (BRASIL, 1976) o qual previa conteúdos e cargas horárias mínimas a serem cumpridos.

O texto do Art. 53 assegura às universidades a atribuição de "fixar os currículos dos seus cursos e programas, observadas as diretrizes gerais pertinentes". Esse artigo, em seu parágrafo único, prevê ainda que "para garantir a autonomia didático-científica das universidades caberá aos seus colegiados de ensino e pesquisa decidir, dentro dos recursos orçamentários disponíveis, sobre: criação, expansão, modificação e extinção de cursos; elaboração da programação dos cursos".

Com base neste princípio de autonomia (regulada por diretrizes gerais) surgiu então a discussão em torno da proposição de diretrizes curriculares para o ensino superior.

Diretrizes Curriculares

Um dos primeiros aspectos a serem abordados quando do início das discussões acerca destas diretrizes para o ensino superior no Brasil dizia respeito à competência para elaboração das referidas diretrizes.

Em 03 de Dezembro de 1997, a Câmara de Ensino Superior do conselho Nacional de Educação em seu parecer 776/97 (MEC, 1997), deliberou que as propostas para estas diretrizes deveriam obedecer seguintes princípios:

(1) assegurar à instituições de ensino superior ampla liberdade na composição de carga horária e unidades de estudos a serem ministrados;

(2) indicar tópicos de estudos, evitando a fixação de conteúdos específicos, os quais não devem ultrapassar 50% da carga didática considerada;

(3) evitar o prolongamento desnecessário dos cursos;

(4) incentivar a sólida formação geral;

(5) estimular práticas de estudo independentes;

(6) encorajar o reconhecimento de competências, habilidades e conhecimentos adquiridos fora do ambiente escolar;

(7) fortalecer articulação entre teoria e prática; e

(8) incluir orientações para avaliações periódicas do curso.

Essa linha de pensamento levou o Ministério da Educação a, em 10 de Dezembro de 1997, publicar edital (MEC, 1997b) convocando as Instituições de Ensino Superior a apresentar propostas para as novas diretrizes curriculares.

Nesse edital o ministério indicava os seguintes tópicos como orientações básicas: (a) perfil desejado do formando; (b) competências e habilidades desejadas; (c) conteúdos curriculares; (d) estágios e atividades complementares.

Após essa convocação, as instituições de ensino superior de todo o país começaram um processo de discussão do assunto. No caso das engenharias essa discussão abrangeu ainda outras entidades que proporcionaram valiosa contribuição à discussão.

Nessa lista de entidades que colaboraram pode-se citar a Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE, 1998a e 1998b), o Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia de São Paulo (CREA/SP, 1998a e 1998b), o Conselho Federal de Engenharia Arquitetura e Agronomia (CONFEA, 1998), e as Comissões do Exame Nacional de Cursos (MEC, 1998b).

Do ponto de vista dos trabalhos desenvolvidos pelo Conselho de Graduação em Engenharia Civil e pela Comissão de Reestruturação Curricular do Curso de Engenharia Civil da FEIS-UNESP estas propostas são apresentadas no tópico seguinte.

FILOSOFIA DA NOVA ESTRUTURA CURRICULAR

Princípios Gerais de Organização

Considerando os princípios de autonomia e flexibilidade que as diretrizes curriculares indicam e as deficiências notadas na atual estrutura curricular,

fruto de sua pouca articulação, de sua organização fortemente hierarquizada, e da excessiva carga horária em atividades em salas de aula, foi proposta a nova estrutura curricular cujos princípios gerais são:

(1) perfil do egresso caracterizado por: "sólida formação básica contextualizada com os avanços filosóficos e tecnológicos no campo da engenharia, permitindo adaptação a uma realidade em acelerada transformação e inserção imediata na sociedade como agente transformador positivo";

(2) menor tempo destinado a atividades em salas de aula, devendo o mesmo ser restrito a apresentação, discussões e tarefas de fixação de conteúdos, com as atividades práticas sendo desenvolvidas (com supervisão docente) em atividades extra salas de aula;

(3) "verticalização" na seqüência de disciplinas, permitindo o oferecimento, tão logo quanto possível (já no segundo ano do curso), de disciplinas de conteúdo profissionalizante, e de disciplinas básicas melhor distribuídas durante o curso (não tão concentradas nos primeiros dois anos) com o intuito de se promover um oferecimento de disciplinas "just in time" ao longo do curso;

(4) outro princípio da nova estrutura que pode ser considerado inovador é a adoção de disciplinas denominadas "integração curricular" – conjunto de disciplinas existentes ao longo de todo o curso cujo objetivo é promover, através da realização de atividades de projeto e solução de problemas reais, a integração do conhecimento no conjunto de disciplinas em curso pelo aluno durante aquele ano acadêmico;

(5) incentivar o desenvolvimento de habilidades relacionadas aos avanços e aplicações da informática em Engenharia Civil;

(6) incentivar o desenvolvimento de atividades criativas que favoreçam habilidades relacionadas à elaboração de projetos e soluções alternativas, com ênfase em trabalhos de equipe; e

(7) incentivar a pesquisa bibliográfica envolvendo atividades tradicionais de consulta e através do uso de bases de acesso remoto a informação atualizada.

Proposta Pedagógica

Com o objetivo de enquadramento nos princípios anteriormente apresentados foi desenvolvida uma proposta pedagógica que engloba:

(a) a sólida formação básica pretendida deverá ser buscada através da intensificação de técnicas de aprendizado dos conceitos fundamentais de matemática, física e química com o tratamento de problemas reais de engenharia com o acréscimo de técnicas mais recentes de modelagem. Com este enfoque, esta é a única parcela do conjunto de conhecimentos a serem adquiridos que não sofrerá redução de sua carga didática;

(b) o princípio de verticalização no oferecimento de disciplinas compreenderá o oferecimento, a partir do segundo ano do curso, de disciplinas tradicionalmente tratadas em anos posteriores tais como: Isostática, Fenômenos de Transporte, Resistência dos Materiais, Topografia, Geologia de Engenharia, Mecânica dos Solos e Materiais de Construção Civil;

(c) a "integração curricular" envolverá disciplinas oferecidas ano a ano (desde o primeiro ano do curso) e desenvolvidas sob a supervisão de um grupo de professores de diferentes áreas de conhecimento, envolvendo a solução de problemas reais de engenharia e incentivo ao trabalho em equipe;

(d) o núcleo das disciplinas denominadas profissionalizantes será dividido em dois blocos denominados núcleo específico "fundamental" (englobando o conjunto de disciplinas tradicionalmente tratados em cursos de engenharia civil visando a solução de problemas e projetos "tradicionais" em engenharia) e núcleo específico "opcional" (o qual tratará da soluções de problemas relacionados a casos específicos de obras ou problemas ambientais e deverá ser enfocado na forma de disciplinas optativas, dentre as quais o aluno deverá cumprir um número mínimo de créditos sem no entanto se concentrar em apenas uma área da engenharia civil);

(e) a redução das atividades em sala de aula, devendo as mesmas se restringirem a no máximo 50% da carga horária de cada disciplina, permitirá o desenvolvimento destas atividades num total de 20h semanais e sua concentração, conforme o ano que o aluno esteja cursando, em apenas um período do dia (manhã ou tarde) proporcionará o restante do dia para o desenvolvimento de estudos e atividades práticas;

(f) parte dessas atividades práticas será efetuada na forma de "crédito trabalho" – forma de desenvolvimento de trabalhos que corresponde não só a uma atividade didática fora de sala de aula mas também a uma forma de avaliação;

(g) a forma de incentivo ao uso de fontes de informação e recursos de informática se dará com o desenvolvimento dos trabalhos práticos já citados;

(h) além das atividades curriculares já descritas a proposta prevê ainda o desenvolvimento das chamadas atividades complementares envolvendo, desde os primeiros anos de curso, o incentivo à realização de estágios e trabalhos de iniciação científica e, no último ano de curso, a defesa do trabalho de formatura.

Ênfase Humanística e Ambiental

Este tópico merece atenção especial para que se prepare o futuro profissional para uma inserção completa no mercado de trabalho e na sociedade, além da capacidade de atuar em estudos interdisciplinares.

A formação humanística deverá ser incentivada não só através de atividades curriculares (disciplinas propriamente ditas) como através do envolvimento em problemas comunitários, tanto em projetos de extensão como através das denominadas Empresas Júnior. Para que tal formação se torne efetiva ela deve ser incentivada na forma de complementação de estudos curriculares.

Com relação à questão ambiental, deve-se proporcionar não só o acesso ao conhecimento na forma de disciplinas (obrigatórias e optativas) mas também concentrar os estudos relacionados a projetos e soluções técnicas em atividades relacionadas à questão ambiental, fazendo com que o futuro profissional não só se habilite para atuar neste campo profissional em franco e acelerado crescimento e necessidade, mas também para que o mesmo tenha a consciência clara de seu papel na sociedade.

CONCLUSÕES

Com esta proposta pretende-se uma formação mais eficiente do futuro profissional em Engenharia Civil, que permita um conhecimento integrado da engenharia tanto do ponto de vista do entendimento da relação entre supostas diferentes áreas do conhecimento como também de sua inserção social.

Além desses benefícios na formação profissional espera-se, com esta estrutura curricular, reduzir a evasão e a repetência no Curso de Engenharia Civil da FEIS proporcionando, dessa forma, a conclusão do curso dentro do termo médio (cinco anos).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABENGE. Ofício Circular 05/98 de 30 de Abril de 1998. Diretrizes Curriculares para os Cursos de Engenharia – Pontos Fundamentais para Discussão. Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, Brasília, 7p, 1998a.

ABENGE. Diretrizes Curriculares para os Cursos de Engenharia. Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, Brasília, 19p, 1998b.

BRASIL. Resolução 48/76 de 27 de Abril de 1976. Currículo Mínimo para os Cursos de Engenharia. Ministério da Educação. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 3.

BRASIL. Lei 9.394 de 20 de Dezembro de 1996. Nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Gabinete da Presidência da República. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1.

CGEC. Estudo de evasão e repetência no Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Conselho de Graduação em Engenharia Civil, Ilha Solteira, 47p (Anexos), 1997.

CONFEA. Contribuição do Conselho Federal de Engenharia Arquitetura e Agronomia para o Estabelecimento das Diretrizes Curriculares para os Cursos de Engenharia. Conselho Federal de Engenharia Arquitetura e Agronomia, Brasília, 18p, 1998.

CREA/SP. Propostas de Diretrizes Curriculares CREA-SP. Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia, São Paulo, 4p, 1998a.

CREA/SP. Minuta da Manifestação ao MEC sobre Diretrizes Curriculares: CREA-SP. Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia, São Paulo, 10p, 1998b.

INEP. Exame Nacional de Cursos – Relatório Síntese. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, Brasília, 64p, 1996.

INEP. Exame Nacional de Cursos – Relatório Síntese. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, Brasília, 122p, 1997.

INEP. Exame Nacional de Cursos – Relatório Síntese. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, Brasília, 255p, 1998.

MEC. Câmara de Ensino Superior. Parecer 776/97 de 03 de Dezembro de 1997. Orientações para as diretrizes curriculares dos cursos de graduação. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação, 4p, 1997a.

MEC. Secretaria de Educação Superior. Edital 04 de 10 de Dezembro de 1997. Convoca as Instituições de Ensino Superior a apresentar propostas para as novas diretrizes curriculares. Ministério da Educação. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 3.

MEC. Avaliação das condições de oferta de cursos de graduação – relatório síntese. Secretaria de Educação Superior, Brasília, 117p, 1998a.

MEC. Diretrizes Curriculares – Propostas das Comissões do Exame Nacional de Cursos. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, Brasília, 98p, 1998b.

UNESP. Evasão escolar nos cursos de graduação da UNESP. Pró-reitoria de graduação, São Paulo, 78p, 1995.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

José Augusto de Lollo

Professor Assistente do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS) – UNESP. Mestre em Geotecnia – EESC/USP – 1991. Doutor em Engenharia Civil – EESC/USP – 1995. Coordenador do Curso de Engenharia Civil – 1997 – 1999.

Milton Dall'Áglio Sobrinho

Professor Assistente do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS) – UNESP. Mestre em Hidráulica e Saneamento – EESC/USP – 1983. Doutor em Engenharia Civil – EESC/USP – 1989. Coordenador do Curso de Engenharia Civil – 1999 – 2001.

ABENGE associação brasileira de ensino de engenharia

REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE ENGENHARIA - ISSN 0101-5001

INSTRUÇÕES AOS AUTORES PARA A ELABORAÇÃO DE TRABALHOS

Editor de texto

- Word para Windows versão 6.0 ou superior, utilizando fonte Times New Roman. Para corpo do texto tamanho 12, título do trabalho tamanho 18, notas de rodapé tamanho 8, título das seções tamanho 14, título da 1ª subseção tamanho 13 e título das 2ª e 3ª subseções tamanho 12, referências bibliográficas e dados biográficos dos autores, tamanho 11. Os trabalhos deverão ter um mínimo de 06 e um máximo de 12 páginas no formato indicado abaixo.

Organização do trabalho

- Título; Autor(es); Resumo, Palavras-chave; Abstract; Keywords; Introdução; Desenvolvimento do texto (qualquer número de seções com até 3 subseções); Conclusões, Referências Bibliográficas e Dados Biográficos dos autores.

Formato

- Papel em tamanho A4, margens superior, direita, esquerda e inferior de 2,0 cm, não numeradas, com corpo do texto em duas colunas, separadas de 1 cm, alinhado dos dois lados e utilizada a tabulação padrão do Word para início de cada parágrafo.
- As figuras, tabelas e fotos devem ter largura de 8 ou 17 cm, correspondentes à largura de uma ou duas colunas respectivamente.
- Resumo e Abstract devem ser editados em uma única coluna, com margens esquerda e direita de 3 cm, justificados.
- O título do trabalho e das seções devem estar em letra maiúscula, negrito, centralizados e não numerados.
- Os títulos das 1ª e 2ª subseções devem estar em negrito, iniciais maiúsculas e alinhados pela esquerda. Se necessária uma 3ª subseção, o título deve estar em itálico alinhado à esquerda.
- Nome(s) dos autor(es) devem estar por extenso, negrito, centralizados e separados por vírgulas.
- No nome dos autores utilizar chamadas de rodapé numeradas com algarismos arábicos, para fornecer as seguintes informações: função, titulação, instituição, endereço postal, telefone, fax. e e-mail.
- As expressões: Palavras-Chave e Keyword deverão ter apenas a primeira letra maiúscula, negrito-itálico, sem numeração e alinhadas à esquerda.
- Espaço duplo entre o título do trabalho e o nome do(s) autor(es) e entre este(s) e os ítens resumo e abstract.
- Saltar linha entre os títulos das seções ou títulos das 1º subseções e o texto ou entre subseções. Não saltar linhas entre os títulos das 2º ou 3º subseções e os respectivos textos.

Fotos e Figuras

- Gravadas de preferência em formato TIFF ou JPEG inseridas no texto.

Referências Bibliográficas

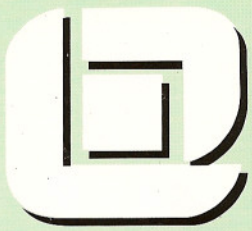
- Devem ser utilizadas de acordo com as normas da ABNT.

Dados Biográficos do(s) autor(es)

- Iniciar com o nome em negrito e indicando pela ordem: os títulos obtidos a partir da graduação, com data e instituição, local de trabalho, atividades ou funções relevantess exercidas, prêmios recebidos, áreas de atuação profissional e assuntos de interesse atuais no campo da educação em engenharia. Inserir foto individual dos autores em formato 3x4 no canto direito do texto.

Envio de trabalhos

- Os trabalhos deverão ser enviados para o endereço oficial da ABENGE através de uma cópia impressa acompanhada de disquete ou diretamente para o endereço rabenge@cct.ufpb.br.



Associação Brasileira de
Ensino de Engenharia