abenge

volume 19 - número 2 ISSN 0101-5001 dezembro de 2000

REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

1 DIRETRIZES CURRICULARES PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA - ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPOSTAS DA ABENGE E DO MEC
Mario Neto Borges & Benedito Guimarães Aguiar Neto

9 DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA GRÁFICO INTERATIVO PARA O ENSINO DE DISCIPLINAS DA GRADUAÇÃO NOS CURSOS DE ENGENHARIA: PROJETO MECNET
José Guilherme Santos da Silva, Nival de Almeida & Ricardo A. Santigo

21 GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL NO ENSINO SUPERIOR: POSSÍVEIS APLICAÇÕES
Leonardo Francisco Figueiredo Neto & José de Souza Rodrigues

27 FOTOELASTICIDADE APLICADA AO ENSINO DE ENGENHARIA
Eliane Dias Alvarez, Flávio Kieckow & Telmo Roberto Strohaecker

35 DIFICULDADES EM CONCEITOS BÁSICOS DE MATEMÁTICA: DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DOS ALUNOS INGRESSANTES NA UNISUL
Diva Marília Flemming, Elisa Flemming Luz & Claudio Coelho

41 CONTROLE DE TEMPERATURA DE UMA TORNEIRA ELÉTRICA: UM EXPERIMENTO PARA ENSINO
Ronaldo Tadêu Pena, Porfírio Cabaleiro Cortizo, Fabrício Reis Caldeira & Kleber Alberto Nogueira Jr.

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, nº2, dezembro de 2000
ISSN 0101-5001

Editor
Benedito Guimarães Aguiar Neto, UFPB

Conselho Editorial
Arquimedes Diogenes Ciloni, UFU
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 Marques Póvoa, UFSCar
Luis Valcov Loureiro, CAPES
Luiz Antônio de Moraes, IME
Marcius F. Giorgetti, USP
Marcos da Silveira, PUC-Rio
Maria José Gazzi Salum, UFMG
Mário de Souza Araujo, UFPB
Sandoval Carneiro Júnior, UFRJ
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

Revista de Ensino de Engenharia
Envio de trabalhos para o endereço:
rabenge@cct.ufpb.br

Tiragem
2.500 exemplares

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

APRESENTAÇÃO

Numa época de mudança de paradigmas e grandes transformações resultantes do surgimento de novas tecnologias, as preocupações de todas as pessoas conscientes de sua importância para o desenvolvimento da nação, se voltam para a questão da formação profissional, fazendo com que a revista de Ensino de Engenharia adquira uma inusitada importância.

Esta publicação da ABENGE vem se consolidando a cada novo número, graças a atenção especial de seu conselho editorial com a qualidade, tanto no que se refere ao conteúdo dos textos, quanto pelos cuidados com a produção gráfica, manutenção da periodicidade e eficiência da distribuição junto aos associados (individuais e Institucionais) de todo o país.

Graças a colaboração e participação efetiva que tem recebido de professores e alunos, que nos tem enviado seus trabalhos e contribuição apresentando as propostas e inovações para a educação tecnológica, cria condições para caracterizar-se, muito rapidamente, como o mais adequado e acessível veículo de divulgação e reflexão, sobre a formação profissional e a produção científica nacional no campo das engenharia.

É, portanto, um momento de júbilo para nós e para toda a categoria, quando se apresentam novas e promissoras perspectivas para dar continuidade do trabalho de renovação e melhoria do ensino tecnológico, o lançamento desta nova fase da Revista de Ensino de Engenharia.

Vamos prosseguir em nosso trabalho, certos de que todos os colegas continuarão nos prestigiando com o envio de seus textos sobre este importante campo do conhecimento.

Pedro Lopes de Queirós
Presidente da ABENGE

abenge

volume 19 - número 2 ISSN 0101 - 5001 dezembro de 2000

REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

APRESENTAÇÃO

Mario Neto Borges & Benedito Guimarães Aguiar Neto 1 DIRETRIZES CURRICULARES PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA - ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPOSTAS DA ABENGE E DO MEC

José Guilherme Santos da Silva, Nival de Almeida & Ricardo A. Santiago 9 DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA GRÁFICO INTERATIVO PARA O ENSINO DE DISCIPLINAS DA GRADUAÇÃO NOS CURSOS DE ENGENHARIA: PROJETO MECNET

Leonardo Francisco Figueiredo Neto & José de Souza Rodrigues 21 GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL NO ENSINO SUPERIOR: POSSÍVEIS APLICAÇÕES

Eliane Dias Alvarez, Flávio Kieckow & Telmo Roberto Strohaecker 27 FOTOELASTICIDADE APLICADA AO ENSINO DE ENGENHARIA

Diva Marília Flemming, Elisa Flemming Luz & Claudio Coelho 35 DIFICULDADES EM CONCEITOS BÁSICOS DE MATEMÁTICA: DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DOS ALUNOS INGRESSANTES NA UNISUL

Ronaldo Tadêu Pena, Porfírio Cabaleiro Cortizo, Fabrício Reis Caldeira & Kleber Alberto Nogueira Jr. 47 CONTROLE DE TEMPERATURA DE UMA TORNEIRA ELÉTRICA: UM EXPERIMENTO PARA ENSINO

DIRETRIZES CURRICULARES PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA - ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPOSTAS DA ABENGE E DO MEC

Mario Neto Borges[1] & Benedito Guimarães Aguiar Neto[2]

RESUMO

Este trabalho objetiva primeiramente definir e enfatizar os fundamentos de uma proposta pedagógica consistente para elaboração de projetos curriculares para cursos de engenharia. O foco desta proposta está concentrado na concepção de currículos com ênfase na competência, ao invés do conteúdo, valorizando assim o desenvolvimento - pelo aluno de competências, habilidades e atitudes. Em segundo lugar, apresenta uma análise comparativa entre as propostas de diretrizes curriculares apresentadas pela ABENGE e aquela encaminhada pelo Ministério da Educação ao Conselho Nacional de Educação (CNE). Conclui-se que a proposta oficial que tramita no CNE, ao listar conteúdos obrigatórios, peca por fugir dos pressupostos pedagógicos que, em tese, sustentariam a mesma.

Palavras-Chaves: Diretrizes Curriculares, Ensino de Engenharia, Projeto Curricular

ABSTRACT

This paper firstly aims at defining the principles of a coherent pedagogical approach to designing curricula for engineering courses. The focus of this proposal is the emphasis given to the competence approach rather than to the content. In doing so it stresses the value added by students developing themselves competencies, abilities and attitudes. Secondly the paper contrasts the two curriculum guidelines proposals from ABENGE and from the Ministry of Education which is currently under scrutiny by the National Council of Education. In conclusion, it is shown that the latter has a flaw by making a list of content compulsory and therefore failing to follow the pedagogical principles which are supposed to support the proposal.

Keywords: Curricula Guidelines, Engineering Education, Curriculum Design

INTRODUÇÃO

Em atendimento ao edital 04/97 da Secretaria de Ensino Superior (SESu) do Ministério da Educação (MEC) (MEC, 1997), a Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE) elaborou uma proposta de Diretrizes Curriculares para os cursos de engenharia (ABENGE, 1999). Foram tomadas adicionalmente como referências básicas, o parecer 776/96 do Conselho Nacional de Educação (CNE) e a resolução nº 48/76, de 27 de abril de 1976, editada pelo então Conselho Federal de Educação (CFE) que tem regulamentado o ensino de engenharia no país fixando os mínimos de conteúdo e de duração dos cursos de graduação, definindo suas áreas e habilitações (MEC/CFE, 1976), além da própria Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (BRASIL, 1996).

A referida proposta de Diretrizes Curriculares foi sistematizada por uma comissão de professores de notória competência e envolvimento com o ensino de engenharia no país, constituída pela Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, a partir de uma recomendação tirada no Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE 97) realizado na cidade de Salvador – BA, em outubro de 1997.

O trabalho da referida comissão consistiu na coordenação e realização de seminários e workshops para debate sobre o tema em Instituições de Ensino Superior (IES), de diversas regiões do país. Foram colhidas contribuições e sistematizadas na forma de relatórios parciais, que continham, além de propostas preliminares, um roteiro para

[1] Professor, PhD. Depto. de Engenharia Elétrica, Fundação de Ensino Superior de São João del Rei - FUNREI, Praça Frei Orlando 170, CEP 36.307 - 352, São João del Rei, MG. Fone: (32) 3379 - 2341, Fax: (32) 3379 - 2525. E-mail: marionb@funrei.br

[2] Professor, Dr.-Ing. Centro de Ciência e Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, UFPB. Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, CEP 58109-970, Campina Grande, PB. Fone: (83) 310 - 1107, Fax: (83) 310 - 1011. E-mail: bganeto@cct.ufpb.br

discussão do tema. Foram realizados três grandes seminários nacionais promovidos pela ABENGE: em São Paulo, na Escola Politécnica da USP, em Campina Grande no Centro de Ciências e Tecnologia da UFPB e em Porto Alegre, no Centro de Tecnologia da PUC-RS. Além desses seminários, foram realizadas inúmeras reuniões locais nas IES ou CREAS com a participação de representantes do GT - Ensino do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA) possibilitando uma participação direta de cerca de 70 escolas de engenharia do país, além da participação indireta de tantas outras.

A proposta de Diretrizes Curriculares apresentada pela Comissão Nacional da ABENGE lança, para discussão nas Instituições de Ensino Superior (IES) do País, novos conceitos e princípios relacionados com a elaboração do projeto curricular dos cursos de engenharia (ABENGE, 1999). A proposta apresentada, estabelece as bases filosóficas e aponta a direção que deve ser adotada no momento da definição dos currículos dos cursos de engenharia sendo, ao mesmo tempo, um suporte essencial para o desenvolvimento de uma abordagem pedagógica moderna e consistente que se contrapõe à abordagem existente. É, no entanto, importante ressaltar que as Diretrizes Curriculares, na forma proposta, permitem que cada IES mantenha a base atual dos seus projetos político-pedagógicos, além de possibilitar que estas desenvolvam novos projetos, de modo a trazer novos avanços para os cursos de graduação em engenharia.

Inicialmente são discutidos os princípios que sustentam a proposta da ABENGE. A seguir, são apresentados e analisados os principais itens, formulados nas minutas de resolução, de ambas as propostas de Diretrizes Curriculares. Os seus respectivos artigos são utilizados como forma de sustentar a argumentação apresentada no estudo comparativo.

FUNDAMENTOS DA PROPOSTA

Este início de século apresenta ao ensino de engenharia no Brasil um cenário mundial que demanda uso intensivo da ciência e tecnologia e exige profissionais altamente qualificados. Conceitos como Interdisciplinaridade, Engenharia Concorrente, Reengenharia, Qualidade Total e Planejamento Sistemático são cada vez mais exigidos dos profissionais da engenharia, no sentido destes se adaptarem aos novos paradigmas da sociedade moderna. Não se adequar a esse cenário, procurando formar profissionais competentes e criativos, significa ficar atrasado no processo de desenvolvimento (Watson, 1992). As IES no Brasil têm procurado, através de reformas periódicas de seus currículos, equacionar esses problemas e melhorar seus cursos. Entretanto, por uma série de razões, essas reformas não têm sido bem sucedidas por que se pautam no fundamento de privilegiar a acumulação de conteúdos como sendo a garantia da formação de um bom profissional.

Ciente da importância do avanço dos cursos de graduação em engenharia e do papel desta no desenvolvimento científico e tecnológico do País, o governo lançou em 1995 o projeto PRODENGE (Projeto de Desenvolvimento da Engenharia) financiado por órgãos de fomento como a FINEP, CAPES e CNPq. Esse projeto teve no seu bojo um programa especial denominado REENGE (Reengenharia do Ensino de Engenharia) através do qual se pretendeu financiar experiências pedagógicas que viriam melhorar os cursos de engenharia do Brasil, adaptando-os aos novos paradigmas da atualidade (Longo, 1994). Some-se a isso o fato de que a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) associada ao Edital 04/97 do MEC/SESu, indica que a flexibilização curricular e a diversificação na formação profissional são parâmetros essenciais a serem incorporados às Diretrizes Curriculares e aos currículos dela derivados.

Estabelecer Diretrizes Curriculares, projetar e implementar novos currículos para os cursos de graduação em engenharia requer, portanto, que tais documentos sejam elaborados dentro dessa ótica. Destaca-se aqui que esses cursos de graduação deverão ter: estruturas flexíveis permitindo que o profissional a ser formado tenha opções de áreas de conhecimento e atuação; articulação permanente com o campo de atuação do profissional; uma base filosófica com enfoque na competência; uma abordagem pedagógica centrada no aluno; ênfase na síntese e na interdisciplinaridade; uma preocupação com a valorização do ser humano e preservação do meio ambiente; integração social e política do profissional; possibilidade de articulação direta com a pós-graduação e forte vinculação entre teoria e prática.

Como ponto de partida da abordagem apresentada nas Diretrizes Curriculares propostas, é necessário que se defina de forma clara e completa o que vem a ser Currículo. Não são raras as vezes em que se confunde Currículo com grade curricular. Esta, representa o conjunto de disciplinas de um curso com seus pré-requisitos, periodização, conteúdos e cargas horárias. Currículo, ao contrário, é um conceito bem mais amplo, apresentado por Bantock (1980) e que pode ser traduzido pela definição abaixo:

> *"Todo o conjunto de experiências de aprendizado que o estudante incorpora durante o processo participativo de desenvolver, numa instituição educacional, um programa de estudos coerentemente integrado."*

Entende-se, portanto, que Currículo vai muito além da sala de aula e deve considerar outras atividades complementares como iniciação científica e tecnológica e programas acadêmicos amplos, a exemplo do Programa de Treinamento Especial da CAPES (PET) além de programas de extensão universitária, visitas técnicas, eventos científicos, atividades culturais, políticas e sociais dentre outras, desenvolvidas pelos alunos durante o curso de graduação. Essas atividades complementares visam ampliar os horizontes de uma formação do profissional meramente técnica, proporcionando uma formação sócio-cultural mais abrangente.

É sabido que uma das falhas do ensino superior atual reside na atitude passiva dos alunos em receber dos seus professores os conteúdos ministrados no tradicional sistema "cuspe e giz". A abordagem centrada no professor, na qual

ele - professor - transmite conhecimentos cumprindo uma Ementa e um Plano de Curso, cumprindo uma certa Carga Horária, se não está ainda totalmente ultrapassada, tem demonstrado ser pouco eficaz. O aprendizado só se consolida se o estudante desempenhar um papel ativo de construir o seu próprio conhecimento e experiência, ainda que com a orientação e participação do professor. Portanto, o aluno deve desempenhar uma atitude pró-ativa no processo de ensino-aprendizagem.

Sabe-se também que a organização dos cursos em estrutura por disciplinas trouxe sérias conseqüências para a qualidade dos cursos de graduação e dos profissionais por eles formados. Nas reformas curriculares ocorridas nas últimas décadas, pouco ou nada tem sido feito no que diz respeito à organização dos cursos por disciplinas isoladas. Tal organização, introduzida pela Reforma de 1968 (MEC, 1969), fragmentou o conteúdo alocando créditos a cada fragmento (o chamado Sistema de Créditos). Assim, sem levar em conta a sua integração, do ponto de vista pedagógico e muitas vezes até mesmo de conteúdo, tal organização curricular levou a dois problemas: a repetição de tópicos em disciplinas diferentes e a ausência de tópicos de suma importância não contemplados no decorrer do curso em nenhuma disciplina. A falta de integração entre as disciplinas que compõem as estruturas curriculares tem acarretado sérios danos ao processo de aprendizagem, ficando a cargo do estudante o exercício intelectual extra de ligar os diversos fragmentos que compõem o curso. Esses fragmentos tornam-se, na realidade dos alunos, obstáculos a serem vencidos e o próprio curso de graduação transforma-se numa "corrida de obstáculos" em cujo final o aluno recebe um certificado por ter sido capaz de vencer esses obstáculos num tempo aceitável sem ter desistido no caminho.

Nesse sentido, a visão que erroneamente prevalece na atualidade é de atribuir à graduação uma definição totalmente voltada para o processo de ensino, ou seja, graduação é o período (de 4 ou 5 anos) durante o qual o aluno tem que "saltar" todos os obstáculos para, se resistir até o final, receber um certificado de conclusão. Essa visão não se preocupa em delimitar com clareza o que é que esse aluno tem que ser capaz de demonstrar, depois de atingir o final dos obstáculos. As Diretrizes Curriculares apresentadas pela ABENGE propõem, dentro da construção de novos princípios, que se volte para uma abordagem que define a graduação como um horizonte bem delineado a ser alcançado pelo aluno, através de mecanismos que o permitam chegar a esse horizonte. Ao atingir o horizonte delineado, novos horizontes vão se descortinar mostrando que a educação é um processo continuado e não existe a figura do profissional pronto e acabado.

A mudança de enfoque assume as seguintes premissas básicas (Borges e Vasconcelos, 1997; Borges 2000):

- O aprendizado é o propósito central do ensino superior (graduação);
- O desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes deve ser o enfoque do curso e
- A demonstração dos resultados alcançados pelo aluno ao longo do curso indicam a competência do profissional e que o mesmo atingiu o perfil desejado.

Abordagem Pedagógica

Verifica-se facilmente que os cursos de graduação no Brasil, em sua maioria, são: baseados em conhecimento, com enfoque no conteúdo e centrado no professor. Existem sérias restrições quanto a essa abordagem. O conhecimento pelo conhecimento não tem sentido e sua transmissão do professor para o aluno pouco contribui para a formação do profissional e do cidadão. O conteúdo pode ser considerado como algo perecível e que muda muito rapidamente, especialmente na engenharia. Centrar a abordagem pedagógica no professor - o detentor do conhecimento - como aquele que vai transmiti-lo para os alunos, que por sua vez, irão recebê-lo de forma passiva, já provou ser uma fórmula sem sucesso. Não é mais aceitável, neste início do terceiro milênio, que os estudantes ainda sejam vistos simplesmente como depósitos de informação. Atividade essa, desempenhada pelo professor, que pouco percebe o que o estudante é capaz de fazer com o conteúdo que recebe de forma passiva - sem participar do processo de construção do conhecimento.

O que se propõe como alternativa a essa abordagem desgastada e pouco eficaz é uma mudança para uma abordagem baseada na competência (do profissional e cidadão a se formar na graduação), com enfoque no desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes e centrado no aluno. Sendo um elemento participativo, capaz de construir o conhecimento a partir de uma relação de ensino/aprendizado eficaz desenvolvida com o professor, o aluno pode se tornar um profissional competente para: a) atuar de forma responsável e criativa no contexto vigente, b) influir no seu aperfeiçoamento e c) enfrentar os desafios das mudanças que se apresentam.

Nesse contexto, existe uma clara e explícita articulação entre os elementos competências, habilidades e atitudes, o Esquema de Avaliação e as Estratégias de Ensino/Aprendizado. A avaliação deve ser elaborada para verificar se o aluno efetivamente demonstrou ter adquirido as competências, habilidades e atitudes que definem o perfil estabelecido. As estratégias de ensino-aprendizado devem ser elaboradas para possibilitar ao estudante essa demonstração. Os três elementos devem ser explicitados no momento da elaboração do currículo, de acordo com as especificidades de cada IES. Como um ponto ainda a ser considerado, é preciso destacar que, tendo em vista a relevância que adquire nessa proposta, a avaliação deve ser criteriosamente estabelecida. Cumpre ressaltar que o caráter formativo da avaliação deve ser enfatizado em detrimento da simples integralização das notas (Borges, 2000).

Em face das definições acima, diz-se que a abordagem pedagógica em vigor é baseada nos conteúdos e cargas horárias, enquanto que a abordagem ora proposta é baseada na demonstração das competências, habilidades e atitudes. Aqui, vale lembrar, não se pretende eliminar os conteúdos

do currículo, mas apenas tratá-los como algo dinâmico, perecível e, portanto substituível, que comparece nas unidades de curso de forma a permitir ao aluno a demonstração da essência do curso – atingir o perfil profissional desejado.

Esses princípios indicam que as Diretrizes Curriculares devem evitar a fixação e discriminação dos conteúdos, ementas e cargas horárias específicas de cada modalidade de engenharia. Até porque a ciência hoje, em suas várias áreas, tem se tornado interdisciplinar ou mesmo multidisciplinar, o que dificultaria essa discriminação "a priori". São diversos os exemplos onde, anteriormente, não se imaginava tanta afinidade entre diferentes áreas do conhecimento e que hoje se constituem nas fronteiras desse conhecimento. Estão sob nossos olhos exemplos como: a tecnologia e a medicina, a computação e a filosofia, a engenharia e a biologia, a engenharia e a administração, isso para citar apenas alguns.

Dos engenheiros deste século XXI exigir-se-á, muito menos domínio do conteúdo de suas áreas de atuação e muito mais capacidade em:

- Resolver Problemas;
- Tomar Decisões;
- Trabalhar em Equipe e se
- Comunicar.

Isso é o que se entende por uma abordagem baseada na competência, formando na graduação profissionais capazes de enfrentar os desafios que o cenário atual a eles impõe e que, portanto, tem na sua natureza intrínsica de profissional competente as características de ser: flexível, adaptável, criativo e crítico.

Cabe lembrar que experiências dessa natureza, considerando alguns dos novos paradigmas do projeto curricular para graduação, têm sido feitas com sucesso em vários países. Dentre essas podem ser destacadas as universidades americanas (grupo Synthesis Coalition e Carnegie-Mellon), britânicas (Liverpool, Oxford) e na Universidade de Atacama no Chile.

A Comissão da ABENGE entende que a proposição de Diretrizes Curriculares para os cursos de engenharia, as quais contemplem os paradigmas acima explicitados, representa uma alternativa consistente e pedagogicamente adequada para quebrar o atual círculo vicioso da graduação. Por esse círculo vicioso entende-se os altos índices de reprovação, que implicam uma desmotivação acentuada dos estudantes de graduação, que por sua vez repercute no elevado número de evasões, causando nas instituições públicas um desperdício do recurso público, sendo taxadas como de baixa eficiência pelo próprio MEC. Esse efeito é também indesejável nas instituições privadas pois representam um investimento em infra-estrutura e recursos humanos (docentes e técnicos) e principalmente do aluno, investimento este sem retorno com a evasão. Enfim, representa num contexto mais amplo, uma distorção na formação de profissionais e cidadãos quanto a educação formal adequada, da qual o País é tão carente.

AS MINUTAS DE RESOLUÇÃO

As propostas de resolução da ABENGE e do MEC podem ser obtidas na íntegra através das páginas da internet, http://www.abenge.com.br e http://www.mec.gov.br/sesu/diretriz/curric.htm, respectivamente

Ambas as propostas, com diferenças mínimas e irrelevantes de texto, em seu Capítulo I, art. 1°, definem o perfil do profissional da engenharia de forma coerente com os fundamentos apresentados neste artigo e que vale ser aqui apresentado:

> *"Art. 1° - Os Currículos dos Cursos de Engenharia deverão dar condições ao egresso para adquirir um perfil profissional compreendendo uma sólida formação técnico-científica e profissional geral que o capacite a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade."* (Sesu/Mec, 1999; ABENGE, 1999)

Como é de se esperar, ambas definem um elenco de competências, habilidades e atitudes que devem necessariamente constar dos projetos curriculares para garantir que o aluno possa desenvolver ao longo do curso o perfil acima definido.

No entanto, vale ressaltar que a proposta da ABENGE destaca de maneira mais enfática os itens relativos às atitudes do profissional.

Na busca da garantia do perfil profissional desejado, tanto a proposta da ABENGE (em seu Capítulo VI) quanto a do MEC (em seu Capítulo II) requerem um projeto pedagógico que enfatize a necessidade de:

- Uma estrutura curricular com tempo destinado às atividades complementares como: iniciação científica, visitas técnicas, projetos multidisciplinares, trabalho em equipes, protótipos, monitorias entre outras;
- Redução do tempo em sala de aula;
- Busca da autonomia intelectual progressiva do aluno e
- Síntese e integração de conhecimentos.

A proposta da ABENGE acrescenta ênfase especial na necessidade de se evitar a fragmentação de conhecimentos, garantir a flexibilização curricular e apontar para a diversificação da formação conforme estabelecido pela LDB (art. 20, 21 e 22).

Os capítulos referentes à duração dos cursos e aos estágios curriculares são também basicamente consensuais estabelecendo uma carga horária mínima de 3000 horas de atividades didáticas permitindo, portanto, que o curso possa, a critério da IES, ser integralizado em quatro anos. As horas destinadas ao estágio curricular – obrigatório e supervisionado – não estão computadas no total das 3000 horas já citadas e variam de 120h (ABENGE) a 160h (MEC).

As discrepâncias aparecem quando as propostas regulamentam os tópicos de estudo e conteúdos. A proposta do MEC em seu Capítulo III, corretamente, recomenda:

> *"Art. 7º- O ordenamento dos conteúdos a seguir discriminados não representa seqüência imposta na estruturação do currículo. Frisa-se que os itens abaixo não necessariamente correspondem à disciplinas individuais. Recomenda-se a distribuição dos mesmos ao longo das atividades acadêmicas."*

No entanto, os conteúdos, denominados básicos, discriminados no artigo 8º da proposta do MEC diferem e excedem aqueles listados no artigo 7º do Capítulo II da proposta da ABENGE. A diferença crucial no entanto se deve ao fato de que, na proposta do MEC, além dos conteúdos básicos foram listados ainda tópicos específicos para cada conteúdo – caracterizando ementas obrigatórias. Isso contraria um dos princípios básicos das Diretrizes Curriculares, estabelecido no documento de referências básicas, o parecer 776/96 do Conselho Nacional de Educação (CNE) e no Edital 04/97 MEC/SESu – em cumprimento à LDB - onde fica claro a extinção do currículo mínimo.

Não fosse o bastante, a proposta do MEC ainda estabelece no seu artigo 8º que "*todo curso de engenharia, independente da modalidade, deve possuir um núcleo de conteúdos básicos, de no mínimo 35% da carga horária mínima, versando sobre os tópicos que se seguem.*" Do conteúdo desse artigo, se pode depreender que se trata de uma forma de retorno do currículo mínimo obrigatório. A proposta da ABENGE - ao contrário - garante a flexibilidade curricular e a adequação dos conteúdos tanto à modalidade de engenharia quanto ao enfoque desejado pela IES conforme preconiza em seu Capítulo II, artigo 6º e parágrafos aqui transcritos na integra:

> *"Art. 6º - Os conteúdos curriculares dos cursos de engenharia serão organizados em conteúdos básicos e conteúdos profissionais.*
>
> *§ 1º. A relação percentual da carga horária entre os conteúdos básicos e profissionais do currículo será estabelecida por cada IES.*
>
> *§ 2º. Os conteúdos básicos e profissionais não implicam uma relação de organização por disciplinas.*
>
> *§ 3º. Os conteúdos devem constar obrigatoriamente nos projetos pedagógicos dos cursos, devendo ser, os enfoques e as intensidades com que serão abordados, compatíveis com a modalidade de engenharia proposta para cada curso.*
>
> *§ 4º. O ordenamento dos conteúdos a seguir discriminados não representa uma seqüência imposta na estruturação do currículo e não implica uma relação direta de organização por disciplinas, podendo permear outros conteúdos, sendo recomendável a interpenetração destes ao longo das atividades curriculares.*
>
> *§ 5º. A uniformidade básica dos cursos de graduação em engenharia pautar-se-á nos projetos curriculares através do atendimento ao perfil profissional e do desenvolvimento das competências, habilidades e atitudes definidas nestas diretrizes curriculares."*

Mais grave e inaceitável, do ponto de vista destes autores, é o que consta no artigo 9º da proposta do MEC, cujo texto é transcrito abaixo:

> *"Art. 9º - Todo curso de engenharia, independente da modalidade, deve possuir em seu currículo um núcleo de conteúdos profissionalizantes, de no mínimo 15% da carga horária mínima, versando sobre um subconjunto coerente dos tópicos abaixo discriminados, a ser definido pela IES."*

Segue-se a este artigo um conjunto com 53 tópicos das diversas áreas de conhecimento da engenharia atual. Nota-se, a despeito da possível boa intenção da Comissão de Especialistas do MEC, que o artigo em pauta incorre em três falhas:

1. Muda o arcabouço correto da proposta disvirtuando-a do enfoque baseado nas competências, habilidades e atitudes, para voltar ao enfoque no conteúdo. Este enfoque curricular centrado no conteúdo já foi analisado e devidamente criticado no item fundamentos da proposta.

2. Ao listar 53 itens a Comissão pretensamente tenta cobrir as possíveis áreas de atuação do futuro profissional. Isso acarreta dois problemas. Primeiro, que a lista pode não ser completa e segundo porque, como já defendido neste artigo, o conteúdo é um produto perecível. Só para efeito de análise, ao selecionar o primeiro tópico listado (i.e. *Algoritmos e Estruturas de Dados*) verifica-se, especialmente na área de informática, que o mesmo poderá estar desatualizado e superado em alguns poucos anos. Quem não se lembra que ainda nesta geração de profissionais foi criado o tópico Processamento de Dados (o qual foi inclusive nome de vários cursos) e a atividade de Digitador ambos, hoje totalmente superados.

3. Qual seria o significado de uma ampla lista de 53 tópicos dos quais um subconjunto deve compor 15% da carga horária do curso? O percentual em si é irrelevante pois qualquer aluno que completasse com sucesso 85% de seu curso seria um ótimo profissional. Isso, para não dizer que também aqui fica o ranço do currículo mínimo já extinto.

Melhor seria adotar, neste caso, a proposta da ABENGE para os conteúdos específicos conforme explicitado no seu Capítulo II artigo 8º, aqui transcrito:

> *"Art. 8º - São considerados específicos aqueles conteúdos profissionais essenciais que compreendem os fundamentos científicos, tecnológicos e instrumentais necessários para a definição das modalidades de engenharia.*

§ único. Os conteúdos específicos serão definidos pelas próprias IES e deverão garantir o desenvolvimento das competências, habilidades e atitudes estabelecidas nestas Diretrizes Curriculares, devendo ser explicitados no projetos pedogógicos dos Cursos de Engenharia."

Por fim, e não menos importante, verifica-se ainda que a proposta do MEC carece de normatização quanto:

- às possíveis estruturas curriculares e certificações;
- ao reconhecimento de competências e habilidades extra-curriculares (previstos na LDB);
- à avaliação.

A avaliação passa a ter um papel crucial nesta mudança de paradigma proposta pelas novas diretrizes curriculares que se pretendem basear no desenvolvimento da competência do profissional formado.

Tem havido uma evolução importante nessa direção tanto por parte das próprias IES quanto oficialmente pelo Ministério da Educação. Este tem despendido esforços tanto na avaliação do egresso, através do Exame Nacional de Cursos, iniciado em 1996, quanto ao processo de avaliação de cursos através da verificação das Condições de Ofertas dos cursos, iniciado em 1997 (BRASIL, 1995). A maioria das IES realizam ainda uma auto-avaliação, dentro do Programa de Avaliação Institucional das Universidades Brasileiras – PAIUB, coordenado pela SESu/MEC, que foi reformulado para adequar-se ao sistema de avaliação institucional previsto pelo Decreto nº 2026 de 1996 (BRASIL, 1996).

Independente do modelo e da origem da avaliação enfatiza-se aqui sua necessidade como forma de garantir que o aluno está adquirindo as competências, habilidades e atitudes (avaliação diagnóstica) assim como, ao término das unidades do curso (i.e. matérias, disciplinas, módulos ou ciclos), este aluno possa demonstrar os resultados do seu aprendizado (avaliação terminal) e que alcançou o perfil desejado (Borges, 2000).

Este aspecto está bem fundamentado na proposta da ABENGE através do Capítulo VII (Da Conexão Com a Avaliação Institucional), seus artigos, parágrafos e incisos aqui transcritos.

"Art. 23º - O currículo, a ser concebido nestas Diretrizes Curriculares, deverá contribuir para a inovação e a qualidade do projeto pedagógico do ensino de engenharia. Para assegurar esta qualidade deve-se proceder a uma avaliação integrada, Instituição-Aluno, através de projetos de avaliação institucional.

Art. 24º - Qualquer projeto de avaliação institucional deverá adequar-se aos princípios destas Diretrizes Curriculares.

Art. 25º - O processo de avaliação, para autorização e para o reconhecimento periódico de cursos, conforme previsto pela LDB - artigo 46º, deverá considerar os seguintes elementos:

I. projeto curricular da modalidade de engenharia a ser autorizada ou a ser reconhecida;.

II. indicadores advindos da avaliação institucional estabelecida no artigo 9º.

§ 1º. Os conteúdos básicos, as competências, habilidades e atitudes estabelecidas nestas Diretrizes Curriculares, acrescidos dos conteúdos profissionais, deverão ser utilizados como referência para a formação profissional.

§ 2º. Nos casos de autorização e reconhecimento de novas modalidades de engenharia, não existentes no sistema de ensino nacional, sugere-se considerar, além do estabelecido nos incisos deste artigo, a existência de uma demanda no campo de atuação do profissional a ser formado, tomando como referência o nível de desenvolvimento científico e tecnológico das áreas de reconhecimento envolvidas."

A proposta da ABENGE incorpora ainda, como diretrizes para elaboração dos projetos curriculares, sugestões relativas às transferências de curso internas e externas para fins de equivalência curricular, conforme consta em seu artigo 27º, do Capítulo VIII (Das Disposições Gerais).

CONCLUSÕES

Ao proceder esta análise comparativa e ao contrastar as duas propostas ficam evidenciadas incoerências que precisam ser corrigidas. O objetivo principal deste trabalho é, portanto, apresentar uma reflexão sobre o tema Diretrizes Curriculares, com base na proposta da ABENGE e assim, contribuir para o estabelecimento destas quando da apreciação do assunto pelo Conselho Nacional de Educação. O estudo apresentado foi levado a efeito através de comparação da proposta da ABENGE e da proposta apresentada pela Comissão de Especialistas do MEC. Assim, apresentar criticas, de forma positiva, ao resultado do trabalho da Comissão, cujo esforço foi acomodar as diferentes proposições que recebeu – algumas delas incompatíveis por se pautar em fundamentos distintos e incongruentes.

A crítica mais contundente diz respeito à tentativa da Comissão de Especialistas do MEC de estabelecer uma lista de conteúdos específicos para as diversas modalidades de engenharia existentes e a serem criadas. Conhece-se o argumento – da qual os autores deste artigo discordam - de que algum conteúdo, ainda que amplo, deva ser definido nas Diretrizes Curriculares sob pena das IES menos responsáveis elaborarem currículos "fracos" e portanto, formarem maus profissionais. Tal argumento não se sustenta por duas razões básicas. A primeira delas é que as Diretrizes Curriculares são orientações para elaboração de projetos curriculares e não instrumentos de policiamento de IES irresponsáveis. Hoje este papel tem sido desempenhado pelo MEC, com eficácia comprovada, através do ENC e avaliação das Condições de Ofertas. Em segundo lugar, a legislação

hoje vigente e que define um currículo mínimo obrigatório, entre outras restrições, vigorou por mais de trinta anos e ainda assim não evitou que IES irresponsáveis tivessem péssimos currículos e formassem maus profissionais.

Quanto à uniformidade básica dos cursos de graduação em engenharia esta pautar-se-á no atendimento ao preconizado no § 5° do artigo 6°. Some-se a isso o fato de que a autorização e/ou o reconhecimento de novos cursos se darão com base na análise dos projetos pedagógicos destes novos cursos e em atendimento às Diretrizes Curriculares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABENGE. *Relatório da Comissão Nacional de Diretrizes Curriculares para os Cursos de Engenharia*, Brasília: 31 de março, 1999.

MEC/SESu. Edital 04/97 da Secretaria de Ensino Superior de 10 de dezembro de 1976. Convoca as Instituições de Ensino Superior a apresentar propostas para as novas diretrizes curriculares. *Diário Oficial da União*, Brasília, 13 de dezembro de 1997. Seção 3.

MEC/CFE. Resolução n° 48/76 do Conselho Federal de Educação de 27 de abril de 1976. Dispõe sobre o Currículo Mínimo para as Engenharias. *Diário Oficial da União*, Brasília, 27 de abril, 1977. Seção 3.

BRASIL. Lei n° 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Gabinete da Presidência da República, *Diário Oficial da União*, Brasília, 20 de dezembro, 1996. Seção I.

MEC/CNE. Parecer n° 776/97 da Câmara de Ensino Superior. Dispõe sobre orientações para as diretrizes curriculares dos cursos de graduação. Conselho Nacional de Educação, 4p, 1996.

BORGES, M. N. e VASCONCELOS, F. H. Novos Princípios e Conceitos do Projeto Curricular para Cursos de Graduação em Engenharia. *Revista de Ensino de Engenharia*, n. 17, p. 19-26, jun. 1997.

BORGES, M. N. Modernização Curricular do Ensino de Engenharia - Uma Necessidade! *Vertentes*, jan-jul. 2000.

WATSON, G. F. Refreshing Curricula. *IEEE Spectrum*, p. 31-35, mar. 1992.

LONGO, W.P. *Reengenharia do Ensino de Engenharia: Uma necessidae*. Projeto PRODENGE: FINEP, CNPq, e CAPES, 1994

BANTOCK G. H. *Dilemmas of the Curriculum.* Oxford: Martin Robertson, 1980.

MEC. *Reforma Universitária 1968-1969.* Brasília, 1969.

BRASIL. Lei n° 9.131 de 24 de novembro de 1995. Institui a realização anual de exames nacionais de cursos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 24 de novembro, 1995.

BRASIL. Decreto n° 2.026 de 10 de outubro de 1996. Estabelece procedimentos de avaliação dos cursos e instituições de ensino superior. *Diário Oficial da União*, Brasília, 10 de outubro, 1996.

MRC/SESu. Proposta de Diretrizes Curriculares da Comissão de Especialistas de Engenharia do MEC. Site do MEC/SESu, 1999. http://www.mec.gov.br/sesu/diretriz/curric.htm.

OTTER, S. *Learning Outcomes in Higher Education.* A Development Project Report. UDACE, Employment Department, UK, 1992.

APÊNDICE

As Comissões

Para fins de referência do leitor lista-se abaixo os componentes das respectivas comissões responsáveis pelas propostas de resolução da ABENGE e do MEC.

Comissão da ABENGE (gestão do presidente Prof. Danilo Amaral, maio de 1998): Ana Maria de Mattos Juliano (UFSC), Benedito Guimarães Aguiar Neto (UFPB), Eduardo Camilher Damasceno (USP), Eduardo Giugliani (PUC-RS), Ernesto Ruppert Filho (UNICAMP), José Alberto dos Reis Parise (PUC-Rio), José Ademar de Vasconcelos (UFCE), José Jairo Araújo de Souza (UFF), Maria José Gazzi Salum (UFMG), Mário Neto Borges (FUNREI), Sílvia Costa Dutra (UNISINOS), Vinícios Duarte Ferreira, (Representante do CONFEA).

Comissão de Especialistas do MEC (Portaria SESu/MEC no. 146/98): Fernando Tadeu Boçon, Letícia Soares de V. Sampaio Suñé, Luciano Vicente de Medeiros, Márcio Luiz de Andrade Netto, Nivaldo Lemos Coppini, Reyolando Manoel L. R. Fonseca Brasil.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

Mario Neto Borges

Engenheiro Eletricista pela PUC-MG (1978). Interesse: ensino de engenharia, currículo e sistemas especialistas. Atualmente é Diretor Executivo da FUNREI. Mestre em Ciências pela UFMG (1985). Doutor (PhD) em Inteligência Artificial aplicada à Educação pela *Universidade de Huddersfield*, UK (1994). Professor Adjunto IV do Departamento de Engenharia Elétrica da FUNREI. Áreas de interesse: ensino de engenharia, currículo e sistemas especialistas.

Benedito Guimarães Aguiar Neto.

Engenheiro Eletricista pela UFPB (1978). Mestre em Engenharia Elétrica pela UFPB (1982) e Doutor (Dr.-Ing.) em Engenharia Elétrica (Telecomunicações), pelo *Institut für Fernmeldetechnik, Technische Universität Berlin*, Alemanha, (1987). É Professor titular do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências e Tecnologia da UFPB, Campina Grande. Áreas de interesse: Processamento e Transmissão Digital de Voz e Imagem; Aplicação de Redes Neurais; Educação à Distância; Educação em Engenharia. Desde 1997 é Diretor do Centro de Ciências e Tecnologia da UFPB.

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA GRÁFICO INTERATIVO PARA O ENSINO DE DISCIPLINAS DA GRADUAÇÃO NOS CURSOS DE ENGENHARIA: PROJETO MECNET

José Guilherme Santos da Silva[1], Nival Nunes de Almeida[2] & Ricardo A. Santiago[3]

RESUMO

Com base no desenvolvimento expressivo de novas tecnologias associadas à engenharia (computacionais, construtivas, gerenciais, etc.), o engenheiro deve, de forma cada vez mais rápida adequar-se a essas tecnologias através da reformulação de conceitos e atitudes. As Universidades como instituições de Ensino/Pesquisa têm um papel fundamental nesse processo. É nesse contexto que o presente trabalho está inserido, como uma contribuição à reformulação e modernização do ensino na Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, FEN/UERJ, com base no desenvolvimento e implantação de apostilas eletrônicas utilizando-se a Internet. As apostilas eletrônicas têm como objetivo principal à criação de um ambiente de estudo estimulante voltado para a Internet, de modo a tornar o ensino mais dinâmico e interativo. Pretende-se, ainda, com o desenvolvimento desse projeto facilitar o aprendizado à distância, flexibilizando os horários dos alunos de graduação da Faculdade de Engenharia.

Palavras-chave: apostilas eletrônicas, modernização do ensino, ensino à distância

ABSTRACT

Based on the significant development of the new technologies associated with engineering (computing, constructive, managerial, etc), the engineers need to adapt to these technologies by reformulating concepts and attitudes. The Universities, as Educational/Research Institutions, have a fundamental role in this process. The present study is included in this context as a contribution to the reformulation and updating of engineering education at Faculty of Engineering of the State University of Rio de Janeiro, FEN/UERJ, beginning with the development and introduction of electronic notes, using the Internet. The primary purpose of the electronic notes is the generation of a motivating educational environment directed to Internet, in such a way as to make the education process more dynamic and interactive. In addition, it is the intention of this project to update and favour the distance learning, as well as introduce some flexibility into the class hours of the undergraduate students.

Keywords: eletronic notes, modernisation of engineering courses, distance learning

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a utilização da Internet vem crescendo muito rapidamente no Brasil e no mundo. Inúmeras "homepages" são colocadas a disposição dos usuários, sendo crescente o número destes com acesso à rede mundial de computadores. Com base nesse fato, observa-se uma necessidade cada vez maior de se adaptar o sistema de ensino a essa nova realidade.

O presente trabalho de pesquisa apresenta uma contribuição inicial nessa direção, com base no desenvolvimento de uma

[1] Professor Adjunto, D.Sc., Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Depto. de Engenharia Mecânica, R. São Francisco Xavier, 524, Bloco A, Sala 5016, CEP 20559 - 900, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: jgss@uerj.br

[2] Professor Adjunto, D.Sc., Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Depto. de Engenharia de Sistemas e Computação, R. São Francisco Xavier, 524, Bloco D, Sala 5015, CEP 20559 - 900, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: nival@uerj.br

[3] Aluno de Graduação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Depto. de Engenharia Elétrica, R. São Francisco Xavier, 524, Bloco A, Sala 5001, CEP 20559 - 900, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: ricardo@eng.uerj.br

apostila eletrônica gráfica e interativa que tem por objetivo integrar o ensino e a pesquisa com o emprego dos recursos da Internet. A apostila eletrônica, descrita resumidamente neste trabalho, denominada comumente de "Projeto MecNet", tem como principal característica à interatividade.

A partir da utilização da apostila eletrônica, o aluno/usuário tem acesso direto a aspectos teóricos do assunto em estudo, no caso em questão referente a uma disciplina clássica dos cursos de graduação em engenharia que é a Mecânica Geral. Possibilita também o acesso a alguns problemas propostos e resolvidos, os quais podem ser alterados pelo usuário de forma a facilitar o entendimento dos conceitos em tela, de acordo com necessidades específicas. Desse modo, tem-se um sistema gráfico interativo, disponível pela internet, gratuitamente, que permite ao aluno a visualização e a compreensão da resolução de uma gama bastante grande de problemas da engenharia.

Essas apostilas funcionarão como "laboratórios" para os alunos, pois esses poderão, diante de um microcomputador, simular e modelar problemas de engenharia com maior rapidez, compreensão e clareza dos conceitos envolvidos. Pode-se, então, desenvolver a criatividade, a velocidade de raciocínio e elevar os níveis de conhecimento relacionados com assuntos de interesse de disciplinas da graduação em engenharia. Inicialmente, apresenta-se neste trabalho como uma primeira versão do software desenvolvido, uma apostila eletrônica baseada em conceitos e problemas associados à Mecânica Geral.

DEMOCRATIZAÇÃO DA INTERNET

Com o início da "era da informação", a Internet ganha espaço nos lares, empresas e instituições de ensino e pesquisa. Estima-se que hoje, no Brasil, mais de 70% dos estudantes universitários tenham acesso à rede mundial de computadores, Internet, e que cerca de 30% tem acesso a Internet da sua própria residência. Isso mostra ser crescente o número de usuários com acesso a esses recursos.

A Internet é, sem sombra de dúvida, uma poderosa ferramenta na busca de informações. Em apenas alguns minutos, podem ser obtidas informações associadas a diversas áreas de conhecimento. Isso faz com que os usuários prefiram iniciar suas pesquisas, de forma bastante simples, a partir de uma busca de dados pela rede. Tal fato demonstra que a Internet não perdeu seu caráter educativo, e que se faz necessário que os centros de ensino e pesquisa disponibilizem e incentivem a utilização desses recursos.

O Projeto MecNet, inserido nesse contexto, objetiva contribuir no sentido de reformular e modernizar o ensino nos cursos de graduação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, disponibilizando nesse canal de informação uma apostila dinâmica e interativa que proporciona ao estudante um ambiente estimulante para o aprendizado de conceitos relacionados, inicialmente, à Mecânica Geral.

PROJETO MECNET

O Projeto MecNet pretende facilitar ao máximo o acesso à informação por parte dos usuários. A portabilidade do sistema foi garantida, de modo que alunos/usuários utilizando, utilizando quaisquer sistemas operacionais, possam ter acesso as informações contidas no software desenvolvido. Para tanto, basta apenas que o computador do usuário, evidentemente, esteja conectado a Internet e possua um navegador gráfico (Versões 4.0 ou superiores).

O software apresenta diversas seções associadas a sua utilização. Ao longo do programa, o aluno/usuário tem livre acesso a aspectos teóricos relacionados com o assunto em estudo. Na seqüência, exercícios interativos propostos são apresentados, bem como a sua solução.

O aluno/usuário pode, ainda, modificar todos os dados fornecidos pelo programa de forma a gerar a solução de um novo problema. A apostila fornece, também, resumos relacionados a cada tópico estudado. Finalmente, a última seção representa uma área reservada para "downloads", onde o aluno/usuário pode ter acesso direto a sua própria versão do programa, de forma a utilizar a apostila eletrônica sem a necessidade de estar conectado a Internet. Nessa seção o internauta pode, ainda, copiar para seu computador outros aplicativos relacionados aos tópicos abordados no MecNet ou mesmo necessários para a melhor visualização da apostila, como é o caso do Microsoft Internet Explorer 5.0.

O desenvolvimento da apostila eletrônica em questão encontra-se respaldado por inúmeras ferramentas computacionais bastante utilizadas, atualmente, no que tange a tecnologia de construção de "homepages" dinâmicas. Para o desenvolvimento da seção de problemas propostos são utilizadas técnicas de programação em DHTML (Dynamics HyperText Markup Language ou Linguagem de Marcação de Hipertexto Dinâmica) (Bell, 2000).

Essas técnicas englobam o conjunto de linguagens formado pelo HTML (HyperText Markup Language) (Ramalho, 1998), o CSS (Cascading Style Sheets) (Bell, 2000 & Siegel, 1998) e o JavaScript (Bell, 2000 & Moncur, 1999), que representa uma poderosa ferramenta de programação para a Web e respeita todas as questões de portabilidade. Na criação do design gráfico do Projeto MecNet, são empregadas técnicas para criação de sites de terceira geração (Siegel, 1998) e técnicas de editoração eletrônica voltadas para a Web (Bell, 2000; Clark, 1999; Siegel, 1998).

De forma a dar respaldo teórico aos assuntos estudados no desenvolvimento desse projeto adota-se, inicialmente, uma referência técnica já consagrada e usualmente empregada nos cursos de Mecânica Geral referentes à graduação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Beer & Jonhston, 1994).

A seguir, o Projeto MecNet é descrito de forma mais específica com a base nas janelas do programa. Inicialmente, ao acessar a apostila eletrônica MecNet, o aluno/usuário visualiza uma tela de apresentação do programa, contendo o nome dos autores do projeto em questão, mostrada na Fig. 1.

Figura 1. Tela inicial do projeto MecNet

Após a tela inicial, o aluno tem acesso à primeira seção da apostila, a qual fornece uma visão dos tópicos gerais da mesma, Fig. 2. O usuário possui, agora, a possibilidade de escolher qual assunto irá estudar, de acordo com a sua necessidade. A Fig. 3 apresenta, de forma parcial, uma seção da apostila referente ao sumário. A partir da escolha feita pelo aluno/usuário, com base nos tópicos sobre o assunto, Fig. 3, este passa a ter acesso a uma nova janela, a qual contém todas as informações sobre o assunto escolhido previamente. A Fig. 4 apresenta, como exemplo, uma dessas páginas.

Com o objetivo de facilitar o aprendizado, bem como a utilização da apostila eletrônica são desenvolvidos inúmeros sub-níveis na programação de forma a criar janelas explicativas associadas a definições de conceitos específicos pertencentes a um determinado assunto em estudo. Essas janelas podem ser acessadas pelo aluno/usuário a qualquer momento, de acordo com a sua necessidade específica. As Fig. 5 e 6 apresentam exemplos explicativos da utilização dessas janelas por parte do aluno/usuário referentes, por exemplo, as definições básicas da mecânica Newtoniana e do momento de uma força, respectivamente.

Na seqüência do trabalho, é apresentada a seção do projeto MecNet, relacionada à criação e solução dos problemas propostos. Nessa seção, o aluno/usuário tem acesso a problemas de Mecânica Geral, associados a problemas de engenharia, previamente resolvidos (Beer & Johnston, 1994), como é mostrado nas Fig. 7, 8 e 9.

A concepção desses exemplos, mostrados nas Fig. 7, 8 e 9, é amplamente interativa, de tal forma que o aluno/usuário possa perfeitamente proceder a qualquer modificação referente aos valores numéricos iniciais, fornecidos pelo programa, gerando, assim, um novo exemplo.

A resolução desse novo exemplo é totalmente respaldada pela apostila eletrônica. Esta se encarrega de fornecer a solução do novo problema proposto, formulado pelo aluno/usuário, de acordo com a sua habilidade, conhecimento e necessidades específicas.

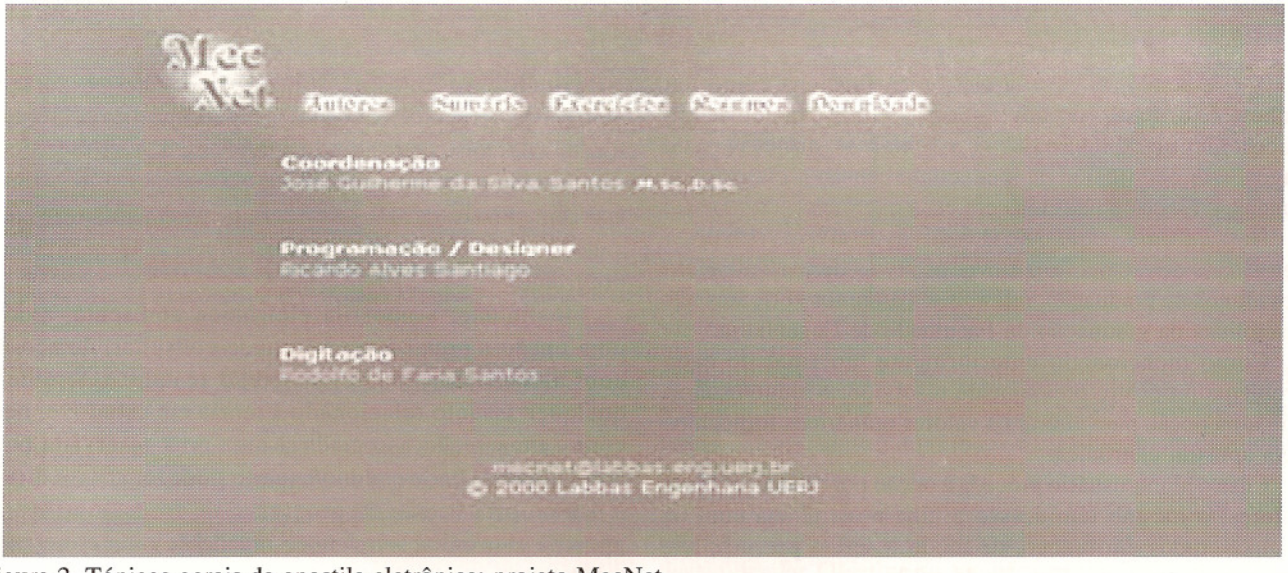


Figura 2. Tópicos gerais da apostila eletrônica: projeto MecNet

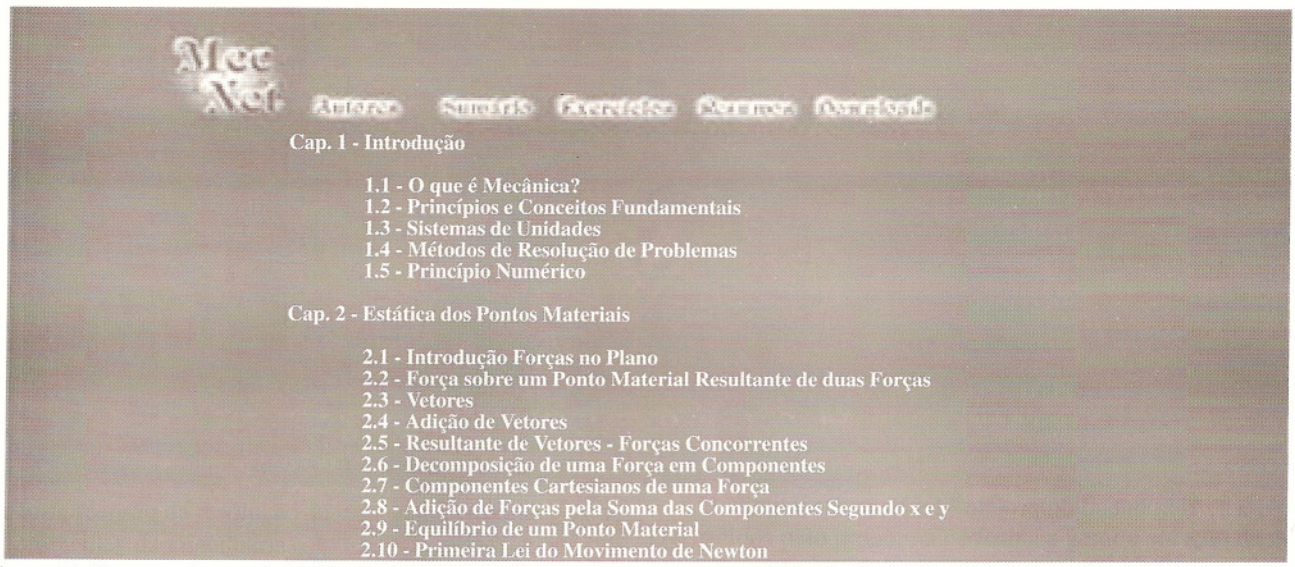


Figura 3. Resumo do sumário da apostila eletrônica contendo uma lista de itens a serem estudados

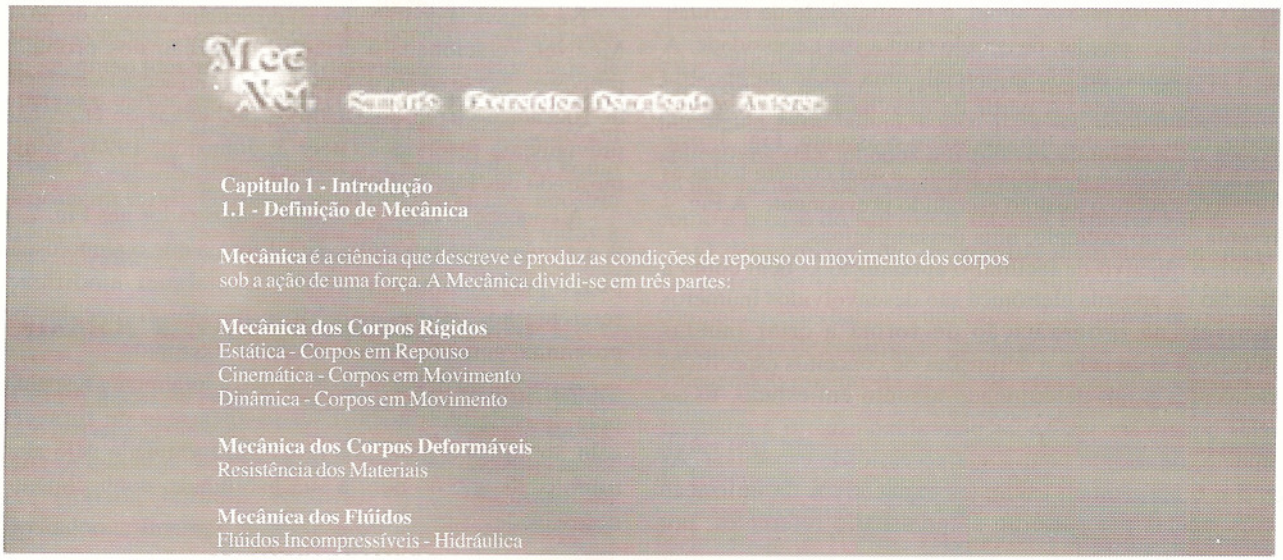


Figura 4. Exemplo de uma página do projeto MecNet contendo aspectos teóricos detalhados

Assim sendo, a apostila eletrônica funciona como um "laboratório" para o usuário, pois este poderá, diante de um microcomputador, simular e modelar os problemas de engenharia com maior rapidez, compreensão e clareza dos conceitos físicos envolvidos em cada exercício.

Dessa forma, espera-se desenvolver a criatividade, a velocidade de raciocínio e elevar os níveis de conhecimento dos alunos de graduação, referentes a assuntos correntes nas disciplinas da graduação da Faculdade de Engenharia.

Como mencionado anteriormente, ao final de cada problema proposto, previamente resolvido, o aluno/usuário tem uma opção para alterar os valores numéricos fornecidos pela apostila eletrônica.

Caso o aluno/usuário proceda à opção por modificar esses valores, o mesmo tem acesso a uma nova janela com os campos, todos em branco, de modo a serem preenchidos, como é mostrado nas Fig. 10, 11 e 12.

Considerando-se a situação na qual os valores numéricos, fornecidos inicialmente pela apostila eletrônica, foram alterados pelo aluno/usuário, após a modificação destes, o aluno simplesmente acessa a opção "OK", como apresentado nas Fig. 10, 11 e 12, retornando, então, à janela anterior com a nova solução do problema já fornecida pelo programa.

Finalmente, a apostila eletrônica apresenta, ainda, uma opção na qual o usuário pode consultar, de acordo com a sua necessidade, um breve resumo referente a qualquer assunto relacionado à teoria em estudo; e, bem como, uma seção associada a uma área reservada para "downloads", onde o aluno/usuário pode ter acesso direto à sua própria versão do programa, de forma a utilizar a apostila eletrônica sem a necessidade de estar conectado a Internet.

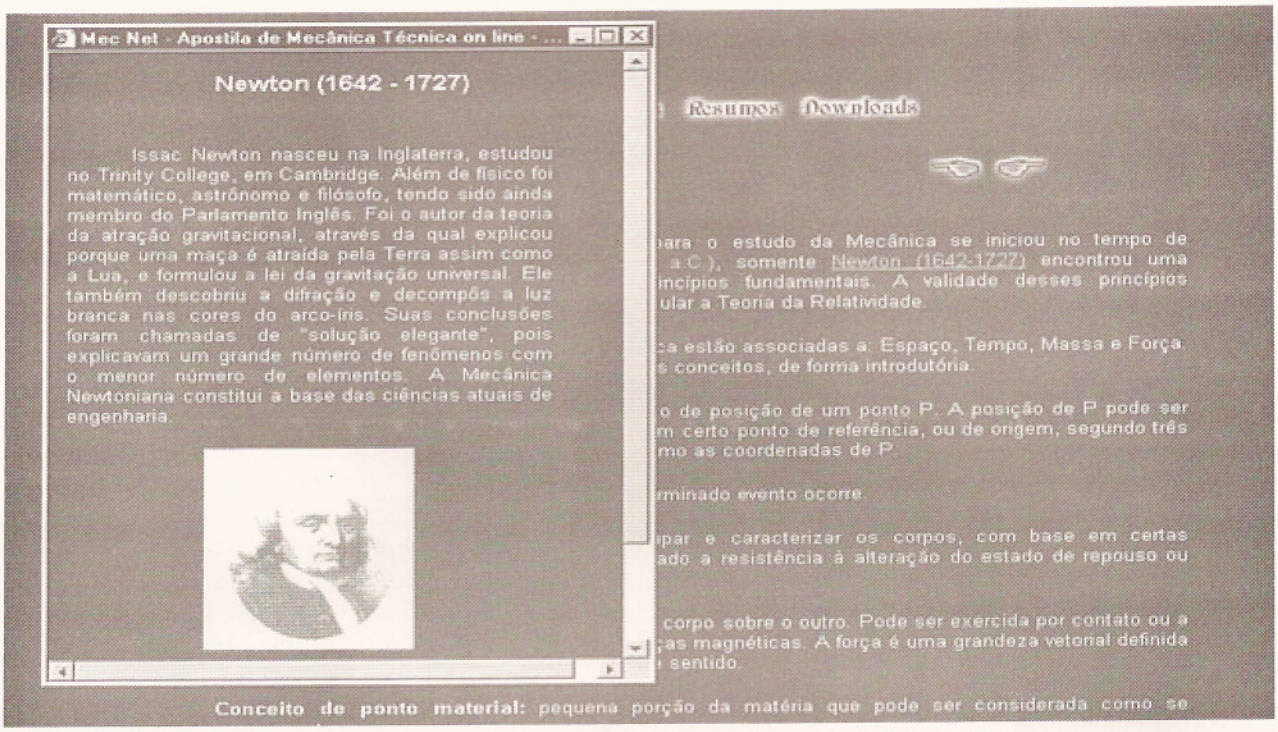


Figura 5. Janela explicativa do projeto MecNet associada às definições da mecânica Newtoniana

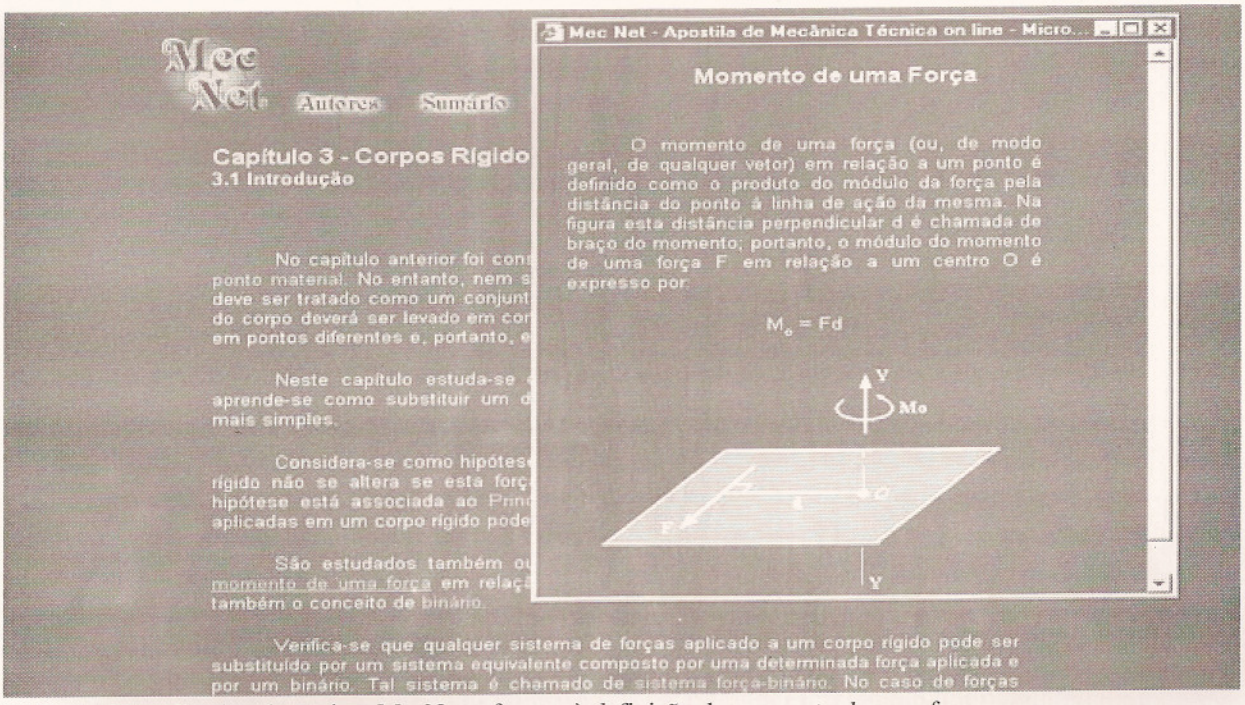


Figura 6. Janela explicativa do projeto MecNet referente à definição do momento de uma força

DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

No estado atual da apostila eletrônica, projeto MecNet, estão sendo abordados, apenas, os tópicos relacionados à disciplina de Mecânica Técnica (Estática, Cinemática e Dinâmica) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Pretende-se, ainda, dar continuidade a esse trabalho de pesquisa, ampliando o âmbito da apostila eletrônica para várias outras cadeiras dos cursos de graduação da Faculdade de Engenharia.

Desse modo, serão desenvolvidos novos módulos com o objetivo de permitir ao usuário a escolha de qual disciplina deseja estudar. Objetiva-se, também, a criação de um sistema,

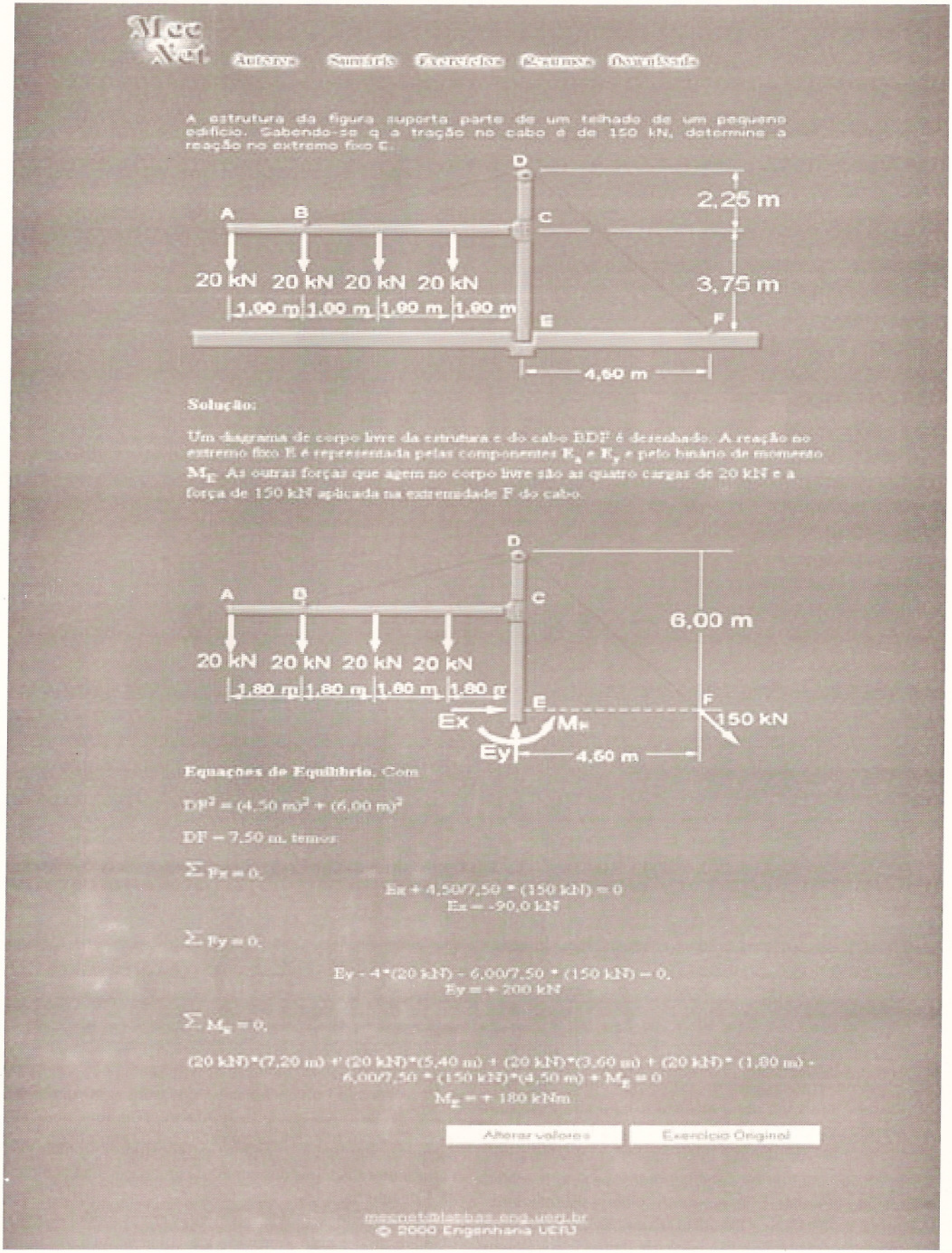


Figura 7. Exemplo numérico gerado pela apostila eletrônica: cobertura em estrutura de aço

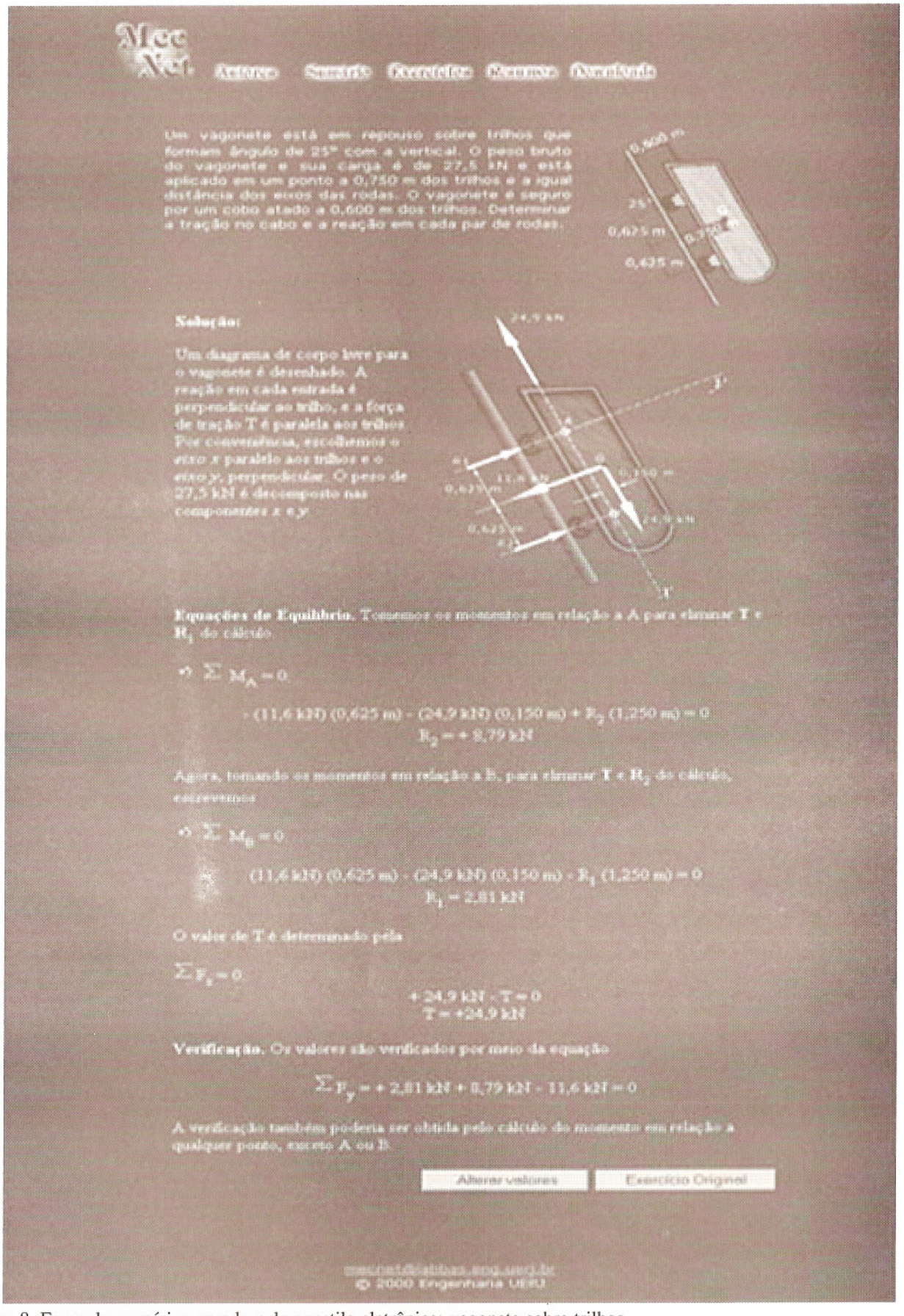
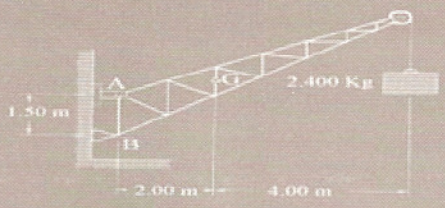


Figura 8. Exemplo numérico gerado pela apostila eletrônica: vagonete sobre trilhos

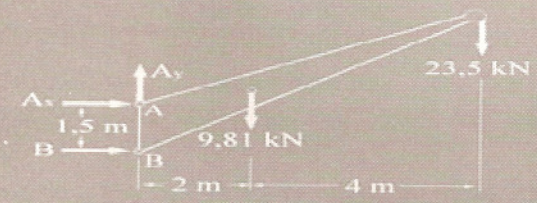
Mec Net — Autores Sumário Exercícios Resumos Downloads

Problema resolvido 4.1

Um guindaste fixo tem massa igual a 1000 Kg e é usado para levantar uma caixa de 2400 Kg. Ele é mantido no lugar por um pino articulado e A e um balancim (apoio simples) em B. O centro de gravidade do guindaste é o ponto G. Determine as componentes das reações em A e B.



Solução. Desenha-se um diagrama de corpo livre do guindaste. Multiplicando a massa do guindaste e da caixa por $g=9,81\ m/s^2$, obtemos os respectivos pesos: 9,81 kN e 23,5 kN. A reação no ponto A é uma força de direção desconhecida, com componentes A_x e A_y. A reação no balancim é perpendicular à superfície do mesmo, sendo, pois, horizontal. Supomos que A_x, A_y e B tenham os sentidos da figura.



Determinação de B. Impomos que a soma dos momentos em relação ao ponto A seja nula. Resulta uma equação que não vai conter nem A_x nem A_y, pois os momentos de A_x e A_y em relação a A são nulos. Multiplicando o módulo de cada força pela distância de sua linha de ação a A, obtemos:

$$+\circlearrowleft \Sigma M_A = 0: \qquad +B(1,50\ m) - (98,81\ kN)(2,00\ m) - (23,5\ kN)(6,00\ m) = 0$$
$$B = +107\ kN \qquad B = 107\ kN$$

Como o resultado é positivo, B tem o sentido da figura.

Determinação de A_x. Determina-se A_x impondo que a soma das componentes horizontais das forças externas é nula:

$$\Sigma F_x = 0: \qquad A_x + B = 0$$
$$A_x = -B = -107\ kN \qquad A_x = 107\ kN$$

Como A_x é negativo, o sentido de A_x é o oposto da figura.

Determinação de A_y. Impõe-se que a soma das componentes verticais é nula:

$$\Sigma F_y = 0: \qquad A_y - 9,81\ kN - 23,5\ kN = 0$$
$$A_y = +33,3\ kN \qquad A_y = 33,3\ kN$$

Somando vetorialmente as componentes, concluímos que a reação em A é de 112 kN.

Verificação. A exatidão dos valores obtidos pode ser verificada lembrando que a soma dos momentos das forças externas, em relação a qualquer ponto, deve ser nula. Tomando o ponto B, escrevemos:

$$+\circlearrowleft \Sigma M_B = -(9,81\ kN)(2,00\ m) - (23,5\ kN)(6,00\ m) + (107\ kN)(1,50\ m) = 0$$

Alterar valores | Exercício Original

mecnet@labbas.eng.uerj.br
© 2000 Engenharia UERJ

Figura 9. Exemplo numérico gerado pela apostila eletrônica: guindaste fixo

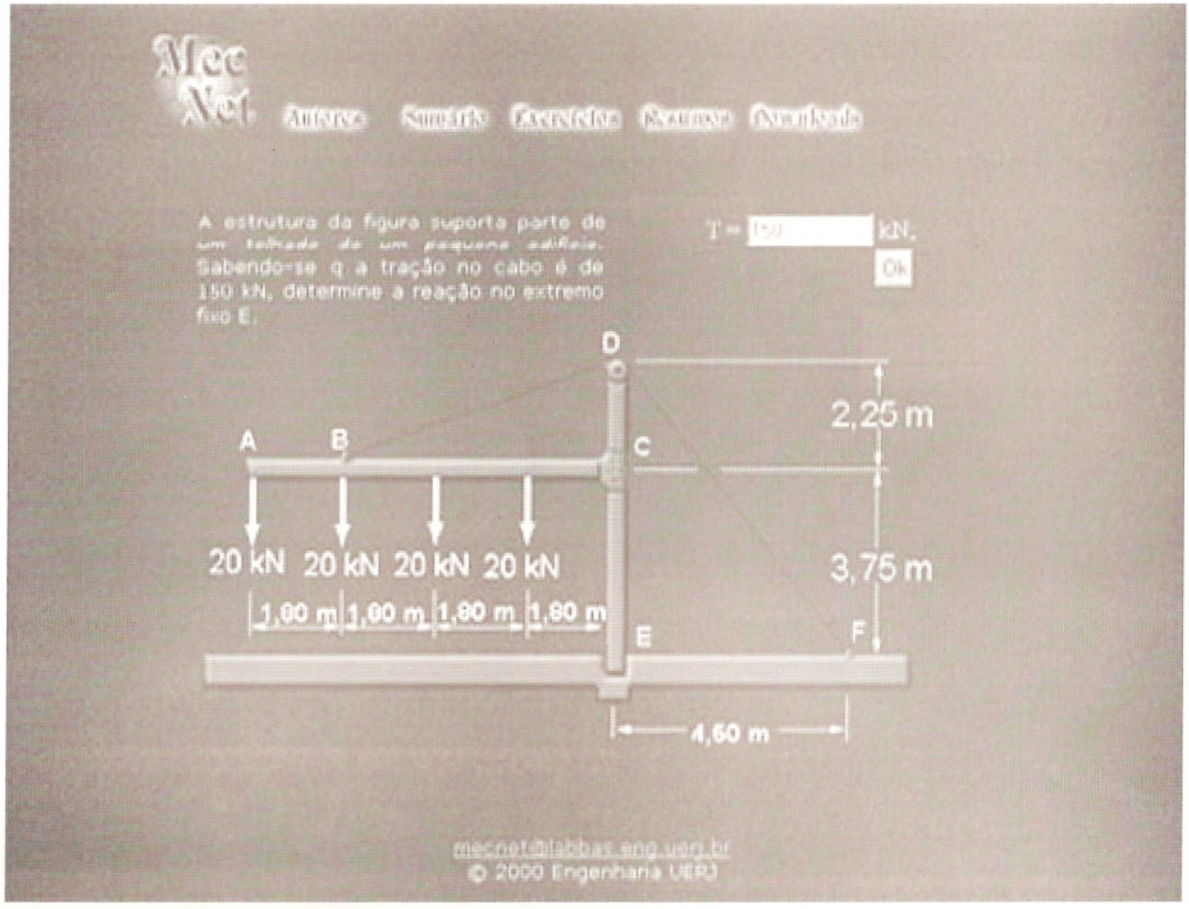


Figura 10. Opção para alteração dos valores numéricos fornecidos: cobertura em estrutura de aço

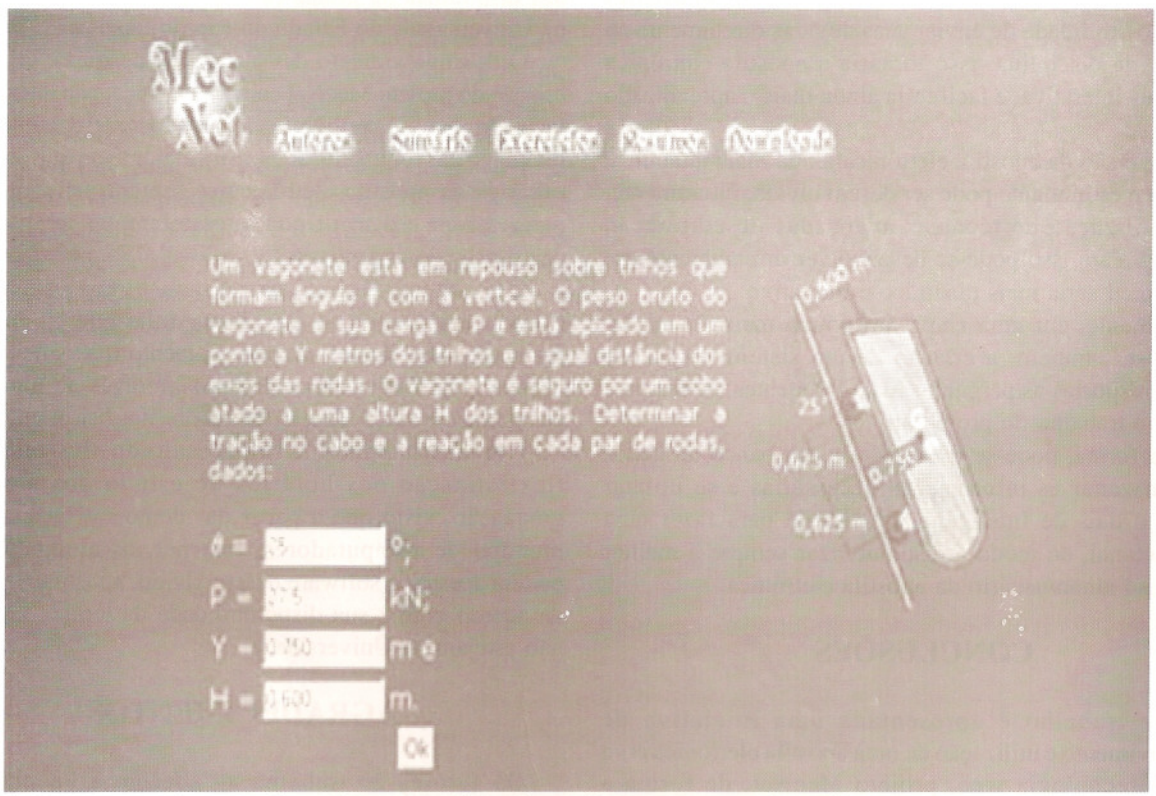


Figura 11. Opção para alteração dos valores numéricos fornecidos: vagonete sobre trilhos

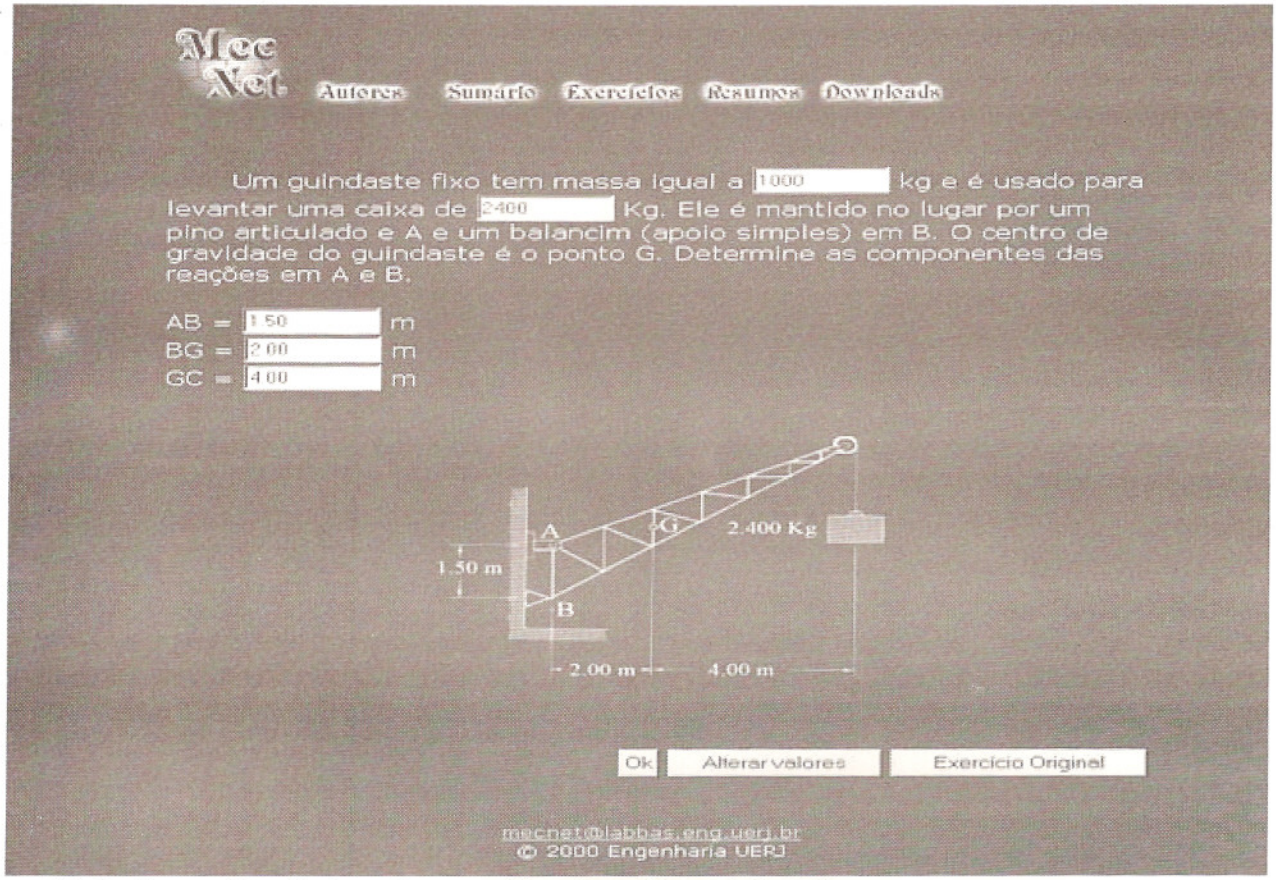


Figura 12. Opção para alteração dos valores numéricos fornecidos: guindaste fixo

incorporado so projeto MecNet, no qual o aluno/usuário tenha a possibilidade de enviar suas dúvidas diretamente ao professor da disciplina. Isso tornaria a apostila eletrônica muito mais interativa, e facilitaria ainda mais o aprendizado dos alunos.

Uma versão da apostila eletrônica ainda mais dinâmica, interativa e estimulante pode ser desenvolvida, futuramente, com a utilização de técnicas avançadas de editoração eletrônica. Para isso pode-se desenvolver um ambiente em Flash, o qual seria mais dinâmico e interativo.

Finalmente, em uma etapa um pouco mais avançada, objetiva-se, também, a criação de um sistema capaz de fornecer respostas às perguntas mais freqüentes, de forma a diminuir o trabalho do professor.

Desta forma, pode-se fazer uso de um banco de dados para armazenar as informações necessárias e se utilizar técnicas usuais de Inteligência Artificial para fazer uma busca racional, de modo a disponibilizar sempre a melhor resposta ao aluno/usuário da apostila eletrônica.

CONCLUSÕES

Neste trabalho é apresentada uma iniciativa de desenvolvimento e utilização de uma apostila eletrônica com base em tecnologia web, projeto MecNet, de forma a contribuir para a reformulação e modernização do ensino das disciplinas da graduação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

O desenvolvimento dessa linha de pesquisa, a partir da criação do projeto MecNet com a sua concepção inteiramente baseada em um ambiente de estudo gráfico, interativo, dinâmico e estimulante, demonstra claramente que os alunos/usuários da apostila eletrônica se sentem mais motivados para estudar e discutir conceitos referentes às disciplinas dos cursos de engenharia.

Como conseqüência, o aprendizado se torna mais dinâmico o que, sem sombra de dúvida, permite que os alunos de graduação obtenham um aproveitamento mais eficiente, em termos quantitativos e qualitativos, através de um melhor entendimento e visualização dos fenômenos físicos envolvidos.

Um outro ponto a ser ressaltado diz respeito à flexibilização dos horários de estudo dos alunos de graduação, visto que a partir da democratização da rede mundial de computadores, Internet, os alunos/usuários podem acessar o software desenvolvido, apostila eletrônica, de acordo com a sua disponibilidade de tempo, ainda que não estejam na Universidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores do trabalho agradecem a Faculdade de Engenharia, FEN, da Universidade do Estado do Rio de

Janeiro, UERJ, e ao Laboratório de Computação das Ciências do Ciclo Básico, LabBas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELL. Web Design, HTML e DHTML. 2000.

F.P. BEER, E.R. JOHNSTON. *Mecânica Vetorial para Engenheiros*. Volumes I e II, 1994.

T.M. CLARK. *Filtros para Photoshop V. Efeitos Especiais e Design*, 1999.

M. MONCUR. *Aprenda em 24 horas - Javascript* 1.3, Ed. Makron, 1999.

J.A.A. RAMALHO. HTML, *A Referência Completa,* 1998.

D. SIEGEL. *Criando Sites Arrasadores na Web II - A Arte da Terceira Geração em Design de Sites*, 1998.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

José Guilherme Santos da Silva

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (1988); Mestrado em Engenharia Civil, M.Sc. pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1991); Doutorado em Engenharia Civil, D.Sc. pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1996); Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Áreas de Atuação Profissional: Mecânica das Estruturas, Mecânica dos Sólidos, Probabilidade e Estatística Aplicada, Estruturas de Concreto e Estruturas Metálicas. Outras áreas de interesse: Educação em Engenharia e Desenvolvimento de Softwares. Educacionais

Nival Nunes de Almeida

Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (1982); Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1988); Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1997). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Sistemas e Computação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Áreas de Atuação Profissional: Circuitos Elétricos e Eletrônicos. Outras áreas de interesse: Educação em Engenharia e Desenvolvimento de Softwares Educacionais

Ricardo Alves Santiago

Graduação em Engenharia Eletrônica, pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (2001) Bolsista de Iniciação Científica. Áreas de Atuação Profissional: Circuitos Elétricos e Eletrônicos. Outras de interesse: Educação em Engenharia e Desenvolvimento de Softwares Educacionais

GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL NO ENSINO SUPERIOR: POSSÍVEIS APLICAÇÕES

Leonardo Francisco Figueiredo Neto[1] & José de Souza Rodrigues[2]

RESUMO

Neste artigo é apresentada uma possibilidade de melhorar o ensino superior através da adoção de princípios e técnicas oriundos da Gestão da Qualidade Total (TQM). Conceitos como satisfação do cliente, trabalho em equipe, melhoria contínua e outros que estão sendo acrescidos ao vocabulário do TQM podem ser de grande relevância no ensino superior e apresentam potencial para auxiliar educadores e administradores a superar os desafios que estão sendo impostos por mudanças de todas as ordens na sociedade moderna.

Palavras-chave: Gestão da Qualidade Total (TQM), ensino superior, recursos humanos

ABSTRACT

This article discusses the possibility to achieve improvements in teaching and learning from the adoption of a Total Quality Management (TQM) perspective in higher education. Assuming that concepts as customer satisfaction, teamwork, continuous improvement and other concepts making up the vocabulary of TQM are interpreted in general way, these concepts seem valid and relevant in higher education, helping educators and managers to overcome the challenges that are being imposed by changes of all of the orders in the modern society.

Keywords: Total Quality Management (TQM), higher education, human resources

INTRODUÇÃO

Face às profundas e rápidas transformações que a economia mundial está atravessando, onde o aumento da velocidade das descobertas tecnológicas e a busca por maior produtividade em todos os setores econômicos têm provocado uma crescente demanda por mão-de-obra qualificada, destaca-se a importância do investimento em recursos humanos para melhorar o desempenho sócio-econômico das nações. O crescimento econômico está fundamentado no uso de sofisticadas tecnologias e, portanto, é indispensável investir em educação, produzindo uma força de trabalho apta a lidar com essas novas tecnologias.

A melhoria e o fortalecimento das instituições escolares, e a busca de novas parcerias, aliados à modernização e ao aperfeiçoamento dos processos de gestão, entre outras questões, vêm sendo debatidas, adquirindo dimensões relevantes, quando o assunto é melhoria da qualidade dos processos de gestão educacional.

O objetivo deste trabalho é destacar a possível aplicação dos princípios da qualidade total ao gerenciamento das instituições de ensino superior. Formular uma estratégia de ação para equacionar desafios significativos que as universidades enfrentam atualmente, tais como: adequação dos currículos à dinâmica do desenvolvimento tecnológico, racionalização dos custos (existe uma forte restrição orçamentária principalmente em universidades públicas), redução da distância entre a teoria e a prática, entre outros.

A QUALIDADE EM TEMPOS ATUAIS

A partir da década de 50, o conceito de qualidade incorporou a idéia de que um produto, além de estar em conformidade com as especificações do projeto, deveria atender às necessidades dos usuários; isto é, a obediência às especificações do projeto, embora condição necessária , não era condição suficiente para definir a qualidade de um produto (Turchi, 1997). Uma empresa interessada em

[1] Professor do Departamento de Engenharia de Produção da UNESP de Bauru, doutorando em Engenharia de Produção da Escola Politécnica/USP. Av. Eng. Luiz Edmundo Coube, s/n. CEP 17033 - 360, Bauru, SP. E-mail: lffiguei@bauru.unesp.br

[2] Professor do Departamento de Engenharia de Produção da UNESP de Bauru, doutor em Engenharia de Produção. Av. Eng. Luiz Edmundo Coube, s/n. CEP 17033 - 360, Bauru, SP. E-mail: jsrod@bauru.unesp.br

produzir qualidade deveria realizar esforços no sentido de relacionar-se melhor com seus clientes[1].

Há aqui uma perspectiva diferente da tradicional em relação ao cliente. Mesmo considerando-o como aquele que está na seqüência de um processo interno da organização, faltar-lhe-á o conhecimento necessário para entender com profundidade as características e qualidades inerentes aos processos em que está envolvido. A visão "abrangente" hoje, reconhecidamente necessária aos profissionais das organizações modernas, refere-se a certa "sensibilidade" para entender as dificuldades e necessidades de outras áreas, e isso é uma decorrência da identificação de como o processo é executado, sofre e exerce interferência em outros.

O cliente é um elemento valioso dentro do contexto de avaliação do resultado da ação organizacional ou na elaboração de cenários para a tomada de decisão, porém, é apenas parte de um contexto social mais amplo. Além do mais, os trabalhos e mapeamento e planejamento carregam uma contradição que opõe mudanças introduzidas pelo tempo e atitudes tomadas frente ao cenário que serviu de base no momento de decidir as prioridades organizacionais.

A rapidez, a flexibilidade e o monitoramento contínuo irão definir o quão próxima a organização consegue chegar das "necessidades de seus clientes". Como elemento basal da ação organizacional, as suas respostas precisam ser complementadas pelo uso de outros instrumentos capazes de monitorar mudanças no ambiente relacionadas, tanto com o comportamento do cliente atual, quanto com a parcela que ainda não é cliente. É muito provável que alguns negócios tenham fracassado justamente porque investiram muito num cliente que estava em extinção.

Essa nova atitude gerencial que tem como base o desenvolvimento e a aplicação de conceitos, métodos e técnicas adequados a uma nova realidade, conhecida como A Gestão da Qualidade Total (GQT), marcou o deslocamento da análise do produto ou serviço para a concepção de um sistema de qualidade. A qualidade deixou de ser somente um aspecto do produto ou serviço e responsabilidade de determinado departamento, e passou a ser um problema da organização, envolvendo todos os aspectos de sua operação (Longo, 1996).

Apesar da multiplicidade de significados atribuídos ao conceito de qualidade total, deve-se incorporar à sua definição noções de preço justo, ausência de erros em todos os processos organizacionais, adequação ao uso, obediência ao projeto, satisfação do cliente por meio da melhoria contínua nos serviços e produtos ofertados (envolvimento de todos membros da organização). São elementos comuns nos diversos conceitos e modelos de qualidade total, encontrados na literatura atual: a busca de melhoria contínua, o foco no cliente e a idéia de organizações como processos contínuos.

[1] Para Hammer e Champy (1994, p.27) cliente é qualquer agente que recebe um valor criado por um grupo de atividades que compõe um processo. Portanto, ele pode estar dentro ou fora da organização. Todas as atividades que geram o processo "ensino" formam o profissional (valor) que é entregue à sociedade (cliente externo), porém, o profissional em formação é cliente interno nesse processo

GESTÃO DA QUALIDADE NA EDUCAÇÃO

Devem ser consideradas as dimensões formal e política da educação, isto é, qualidade formal – competência para produzir e aplicar métodos, técnicas e instrumentos, - e qualidade política, a que se refere à competência para projetar estratégias de formação e emancipação das novas gerações, de sujeitos sociais capazes de definir por si próprios o seu destino histórico. Por outro lado, a qualidade em educação pode e deve ser permeada sob a perspectiva das seis dimensões da qualidade[2], não restringindo a conceituação de qualidade do ensino ao seu aspecto político pedagógico, pois o que confere a característica de totalidade à qualidade da educação é o atendimento às seis dimensões simultaneamente (Longo, 1996).

Uma análise do funcionamento dos sistemas de ensino facilmente encontra evidências de que a gestão é uma variável que influencia diretamente a eficácia escolar (tão escassa no sistema educacional brasileiro). Nesse contexto, a Gestão da Qualidade Total, sinônimo de excelência gerencial nas empresas, pode contribuir significativamente para que o sistema educacional estimule o desenvolvimento do potencial e as qualidades dos profissionais da educação e do trabalho que realizam.

Segundo Xavier (1996), existem algumas características da dimensão gerencial sob a perspectiva da qualidade que devem apresentar:

a) Constituir-se em um conjunto estratégico organizado de princípios e métodos, que busque a mobilização e cooperação dos membros da organização, visando melhorar a qualidade de seus produtos e serviços, para obter a máxima satisfação de seus clientes e obter o acréscimo de bem-estar para os seus membros, de acordo as exigências da sociedade.

b) Contemplar os seguintes aspectos de qualquer gerenciamento moderno: i) estabelecimento de um padrão de atendimento (adequação às necessidades dos clientes); ii) manutenção do padrão estabelecido (combinar insumos de maneira eficiente e eficaz para garantir o padrão de atendimento); e, iii) melhoria do padrão (todo padrão deve ser incansavelmente melhorado para exceder as expectativas dos clientes).

c) Atender a cinco imperativos fundamentais: i) *conformidade* – o serviço educacional deve atender às

[2] Segundo Xavier (1996) quando se fala em qualidade da educação, seis dimensões tem que ser consideradas: i) *qualidade intrínseca da educação* – refere-se ao domínio, por parte dos alunos, de conteúdos considerados relevantes; ii) *custo* – a educação de qualidade é aquela ajustada às necessidades dos usuários, ao menor custo de obtenção para os seus provedores e ao menor preço para os seus clientes (alunos, pais, sociedade); iii) *atendimento* – trata-se de considerar os aspectos de quantidade certa de educação, no prazo certo e no local certo; iv) *moral* – deve-se gerenciar os aspectos referentes à motivação intrínseca (orgulho do trabalho bem feito) e extrínseca (adequadas condições de materiais de trabalho) dos profissionais da educação; v) *segurança* – em sentido restrito refere-se à segurança física dos agentes no ambiente escolar, e, no sentido amplo, ao impacto do serviço educacional, ou da sua provisão, no meio ambiente; e , vi) *ética* – verdadeiro código de conduta responsável pela transparência e lisura das ações entre os atores do processo educacional

necessidades de seus clientes, por meio de uma adequada conformidade a especificações definidas a partir de estudos sobre o grau de satisfação dos alunos, pais, professores, sociedade; ii) *prevenção* – na concepção e execução do serviço educacional devem ser medidas, levando-se em consideração os seus custos, a fim de que falhas e/ou defeitos sejam evitados. Por exemplo, são considerados aqui os dispositivos para auxiliar os alunos em dificuldades no decorrer do curso universitário; iii) *excelência* – fazer a coisa certa, da primeira vez; os resultados da excelência concretizam-se em taxas crescentes de aprovação e de desempenho; todo erro, falha ou defeito nos processos devem ser recusados, pelo respeito às especificações e às exigências do serviço educacional; iv) *medição* – as características da qualidade podem e devem ser medidas; se faz necessário desenvolver procedimentos de avaliação dos alunos, das políticas educacionais e da própria gestão escolar, com o objetivo de identificar os problemas, suas causas e a não-qualidade do sistema; sem medida adequadamente realizada do processo educacional torna-se impossível identificar corretamente os problemas e suas causas; e, v) *responsabilidade* – é o respeito estrito aos quatro imperativos mencionados acima. Trata-se de respeito individual e coletivo, envolvendo todas as pessoas, todos os níveis da universidade, assim como o ambiente externo.

Para que ocorra a efetiva implantação desse modelo gerencial, torna-se importante a presença dos processos de educação e treinamento. A qualidade total ou gestão da qualidade inexiste sem essas duas variáveis, pois permitem a aquisição de conhecimentos e habilidades necessárias ao novo paradigma gerencial.

A educação, por ser um conceito amplo, apresenta um desafio a mais quando pretende-se realizar mudanças de paradigmas gerenciais. Processo normalmente complexo e de difícil execução, exige dos atores envolvidos a visualização de um futuro desejável capaz de direcionar as ações no sentido de de satisfazer e melhorar a qualidade de vida dos clientes externos e internos das organizações (Longo, 1996).

Neste contexto, a organização – instituição de ensino- que pretende atingir a excelência em seus serviços por meio de um sistema de gestão da qualidade deve apresentar as seguintes características:

a) *Foco centrado em seu principal cliente – o aluno*[3]. A elevação da qualidade centrada na satisfação do cliente, proporciona ganhos de produtividade, elimina atividades que não agregam valor, reduz o trabalho e os erros. Segundo Klaus (1998) é muito desafiador para os professores, particularmente no ensino superior, aceitar a noção que qualidade é definida pelo cliente. Conforme o autor, os alunos devem estar envolvidos ativamente no processo educacional para que os princípios da GQT possam ser implementados com sucesso.

b) *Comprometimento dos dirigentes.* Existe um consenso de que uma efetiva gestão da qualidade começa pelos escalões mais altos da organização (reitores e diretores). Sem um apoio (investimento de tempo e de esforço) da alta administração, a organização – universidade – não tem meios de implementar mudanças estratégicas, técnicas e culturais que a gestão da qualidade necessita (Schaub et al, 1999).

c) *Visão estratégica (valores, missão e objetivos) claramente definidos.* Deve existir uma estratégia clara e coerente da implantação do programa, adaptada à realidade da organização.

d) *Processos documentados e otimizados.* Os métodos de melhoria da qualidade necessitam de um número suficiente de facilitadores e uma base de dados adequada para o exercício dessa facilitação, visto que implicam compreender os processos, diagnosticar causas dos problemas, testar bloqueios e melhorias, conceber e manter sistemas de monitoramento e avaliação, etc. Somente a coleta de dados não é suficiente. É necessário analisar, resumir e utilizar os dados para melhorar o atendimento à universidade e ao aluno. Não se pode administrar o que não se pode medir e não se pode medir sem gerenciar. Portanto, é essencial ter informações sobre o cliente interno e externo.

e) *Funcionários capacitados para executar as tarefas.* Treinar e capacitar é importante, mas deve existir um plano de mudanças que torne possível colocar em uso o novo conhecimento adquirido.

f) *Informações com circulação rápida e correta entre todos os setores e funcionários, para permitir a avaliação periódica dos processos e sua melhoria.* A existência de um plano estratégico de qualidade, de facilitadores e multiplicadores bem treinados, de um sistema de análise e disseminação de informações sobre a satisfação dos clientes e de mensurações sobre a qualidade do atendimento e do desempenho interno, tornando mais fácil a correta utilização dos princípios, conceitos e métodos da gestão da qualidade. Para Xavier (1996), a existência de facilitadores em número suficiente e uma base adequada para o exercício da facilitação dos métodos de melhoria da qualidade é fundamental para compreender os processos, diagnosticar causas dos problemas, testar bloqueios e melhorias, conceber e manter sistemas de monitoramento e avaliação. A ausência dessa base e desses facilitadores implicará em dificuldades para a utilização correta dos princípios, conceitos e métodos da gestão da qualidade.

g) *Preocupação com inovação e a mudança.* Como a implantação da gestão da qualidade induz a mudanças culturais, estratégicas e técnicas importantes na organização, os agentes envolvidos nos processos organizacionais devem esforçar-se para realizar a melhoria contínua. É imprescindível o compromisso e a participação da direção para eliminação das barreiras contra as mudanças.

[3] Identificou-se o aluno como principal cliente considerando-se: *a*) o tema qualidade ainda é muito incipiente como estratégia gerencial no ambiente educacional, e por isso os processos ligados ao aluno devem ser o ponto de partida para a implantação de programas da qualidade; *b*) é o elemento que interage de forma mais direta com os processos organizacionais do ensino; *c*) a aferição e quantificação dos indicadores de qualidade do cliente final, a sociedade, representam um desafio a parte, e de difícil execução porque envolve entre outros "a visão de mundo dos vários agentes sociais"; e, *d*) embora ensino, pesquisa e extensão sejam elementos relacionados, aqui tem-se como prioridade o ensino

h) *Forte espírito de equipe*. O trabalho em equipe é um componente imprescindível do processo de melhoria da qualidade. Muitas vezes existe uma tendência de iniciar a gestão da qualidade pelos processos administrativos, deixando para depois os processos de ensino-aprendizagem, considerados complexos. Reitores, diretores, professores, estudantes, funcionários, pais, alunos e conselheiros externos devem participar do processo de mudança organizacional, implementando o planejamento estratégico, compartilhando idéias e desenvolvendo métodos pedagógicos que beneficiem os estudantes (Vazzana et al., 1997).

CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSINO PÚBLICO

Um programa de qualidade na área pública enfrentará uma série de dificuldades alheias à atividade fim dos centros universitários. O gerenciamento normalmente é feito por comissões compostas por funcionários docentes e estudantes sem programas específicos de treinamento e preparação para o exercício de atividades gerenciais.

Além disso, existe uma quantidade significativa de normas e regulamentos que tornam o processo decisório lento, de confiabilidade discutível, oneroso e sem visão sistêmica e conjuntural. Por outro lado, na área pedagógica existem uma série de "pressupostos" questionáveis, como a falta de exigência de pedagogia para o magistério no terceiro grau.

De forma geral, pode-se listar alguns dos desafios a serem vencidos: a) intensa burocratização do processo gerencial, que tem como conseqüência o aumento do tempo de tomada de decisão, lentidão de detecção de erros -já que o objetivo é cumprir a rotina estabelecida em seus mínimos detalhes -, falta de flexibilidade para decidir, apatia por parte das pessoas envolvidas nos processos, falta de visão sistêmica, conformismo; b) as licitações públicas tornam o processo de aquisição lento e de difícil execução; c) dotação orçamentária específica, impedindo que os dirigentes usem os recursos disponíveis onde eles são realmente necessários - não se pode, por exemplo, utilizar verbas de material didático na compra de material de limpeza; d) excessiva especialização das tarefas; cada departamento, seção, cargo ou função são concebidos como elementos altamente especializados, assim tendem a levar a uma perda de visão sistêmica; e) a pesquisa absorve mais energia das universidades do que a formação, ou seja, pressupõe-se que a pesquisa seja capaz de produzir as condições ideais para a formação; f) não se exige conhecimento de pedagogia para o ensino superior, pressupõe-se que qualquer um que seja capaz de fazer pesquisa seja também capaz de ensinar; g) não é exigido para o exercício de cargos diretivos formação gerencial, h) não há qualquer obrigação ou exigência em relação a recursos didáticos, principalmente o material didático utilizado pelos professores. Assim, cada um trabalha o conteúdo da disciplina da maneira que julgar melhor; e, i) é necessário pensar a repetência e a evasão em termos de "eficiência" do ensino e não como conseqüência natural de um modelo de adotado.

ESTRATÉGIAS DE ATUAÇÃO

A melhoria dos processos gerenciais das universidades passa por uma profunda reflexão sobre sua finalidade e como podem ser construídos indicadores capazes de refletir sua ação e servir de parâmetro para o seu gerenciamento.

Parece-nos que ensinar, gerar pesquisa básica e aplicada e difundir o conhecimento (extensão) permanecem como objetivos básicos da universidade, entretanto, o modelo de organização e gerenciamento existente precisa ser reestruturado considerando os seguintes objetivos de desempenho[4]: a) Qualidade, b) Rapidez, c) Confiabilidade, d) Flexibilidade; e, e) Custo.

A qualidade pode ser medida pelos serviços oferecidos, seus elementos de sustentação, conformidade aos padrões durante a execução e aos requisitos do cliente, estrutura dos cursos, projetos pedagógicos, impacto social do conhecimento gerado e eficiência e eficácia dos processos organizacionais.

A rapidez, aqui traduzida pela redução no tempo de tomada de decisão e implementação de projetos, reflete de certa maneira a necessidade de constantes atualizações de currículos, cursos e linhas de pesquisa. Devido a aspectos legais e certo conservadorismo administrativo, as universidades se vêem obrigadas a trabalhar com turmas paralelas de mesmo curso devido a uma reforma curricular, o que representa uma perda para todos os envolvidos no processo.

A confiabilidade diz respeito ao grau de certeza embutido nos processos administrativos. Não se conhece pesquisa sobre assunto dentro das universidades, não seria surpreendente se a administração colegiada em que a maioria não tem formação administrativa gerasse processos pouco confiáveis ou estáveis.

A flexibilização dos processos organizações no caso das universidades públicas exige a profissionalização da gestão através da criação de uma estrutura profissional capaz de executar as tarefas que hoje são atribuídas às comissões, redução dos níveis hierárquicos e aumento da autonomia dos administrativa.

Incorporar o treinamento como estratégia voltada para o aprimoramento contínuo de seus colaboradores tendo como linhas de ação a promoção de: a) seminários de sensibilização para transmitir informações sobre conceitos básicos, princípios e instrumentos de melhoria dos processos de gestão; e, b) participação em cursos e encontros para conhecer as estratégias de implantação de programas de melhoria da gestão na educação[5], visita *in loco* a escolas e instituições para conhecer experiências de programas executados na área

[4] Slack et. al., 1999, p. 57-8

[5] Xavier (1996)

educacional, acesso a livros, artigos e vídeos sobre experiências de excelência em gestão educacional. Ou seja, a alta administração poderia utilizar o *benchmarking* para comparar o desempenho da organização com as melhores instituições de ensino, coletar dados para promover a tomada de decisões racionais e implantar projetos-piloto para realizar ajustes no início do processo de implantação da gestão da qualidade total.

Outro fator gerencial importante, o custo, somente agora vem ganhando importância dentro das universidades. A UNESP, recentemente, constituiu uma comissão dedicada especificamente ao assunto, preocupada com as dificuldades que vem enfrentando para saber quanto custo os seus processos administrativos e comparar os custos de cada curso que oferece ou pesquisa que desenvolve.

De acordo com Lundquist (1998), grande parte dos programas de qualidade total bem sucedidos são em setores não-acadêmicos (principalmente, indústrias), e que poderiam ser adaptados e desenvolvidos, facilitando sua implementação em universidades.

Para os dirigentes das instituições de ensino (reitores e diretores), seria conveniente um treinamento em liderança pela qualidade; e aos professores e chefes de departamentos poderia ser proporcionado treinamento em elaboração de plano de desenvolvimento da organização, diagnóstico organizacional, técnicas de trabalho em equipe, ferramentas gerenciais, metodologia da análise e solução de problemas, gerenciamento da rotina do dia-a-dia, programa 5*S* e Kaizen, entre outros.

A criação de iniciativas que estimulem esforços para implementação e difusão dos princípios da gestão da qualidade total, poderia gerar melhorias no desempenho das instituições de ensino. Há alguns anos, nos Estados Unidos existem estudos para criação de prêmios como o "Malcolm Baldrige National Quality Improvement" para o setor educacional, que podem reduzir a distância que existe atualmente entre as necessidades da sociedade e o currículo dos cursos universitários (Karathanos, 1999).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O procedimento a ser utilizado pelas universidades para a implantação da gestão da qualidade deve contemplar ações que impliquem na escolha de um processo vital, identificação dos clientes, levantamento das necessidades e/ou expectativas dos clientes, seleção e priorização na resolução do problema, e padronização, e o treinamento em serviço de toda a equipe (reitores, diretores, professores e funcionários) em conceitos de gestão da qualidade.

Vale ressaltar que a qualidade é um modelo gerencial que busca responder ao *como fazer* em uma organização. Da mesma importância é *o que fazer*, que diz respeito ao plano de desenvolvimento da instituição de ensino, ou seja, verdadeiro planejamento estratégico da organização. É a combinação desses dois componentes e do envolvimento/comprometimento da equipe (*com quem fazer)* que dependerá o sucesso ou o fracasso dos programas de gestão da qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, F. F. Análise de dois programas estaduais de implantação da gestão da qualidade total: PROQUALI e PQAP. Brasília: IPEA (Texto para discussão nº 555), abril 1998, 37 p.

HISHIKAWA, K. Controle da qualidade total à maneira japonesa. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

HAMMER, M., CHAMPY, J., Reengenharia: revolucionando a empresa. Rio de Janeiro: , Campus, 1994, 197p.

JURAN, J. M. Juran na liderança pela qualidade. São Paulo: Pioneira, 1990.

KANJI, G. P. et al. A comparative study of quality practices in higher education institutions in the US and Malaysia. Total Quality Management, vol. 10, nº 3, p.357-369, May 1999.

KARATHANOS, D. Quality: is education keeping pace with business? Journal of Education for Business, v. 74, nº 4, p.231-235, Mar-Apr. 1999.

KLAUS, SCHIMIDT. Applying the four principles of total quality management to the classroom. Tech Directions, vol. 58, nº 1, p.16-18, Aug. 1998

KOCH, J. V.; FISCHER, J. L. Higher education and total quality management. Total Quality Management, vol. 9, nº 8, p.659-668, Dec. 1998

LONGO, R. M. J. Gestão da qualidade total: evolução histórica, conceitos básicos e aplicação na educação. Brasília: , IPEA (Texto para discussão nº 397), jan 1996, 15 p.

LUNDQUIST, R. Quality improvements of teaching and learning in higher education; a comparison with developments in industrial settings. Teaching in Higher Education, v.3, nº 1, p.51-4, 1998.

SCHAUB, D. A. et al. Applying total quality management in an interdisciplinary engineering course. Journal of Engineering Education. v. 88, nº 1, p.107-110, jan. 1999

SHIBA, S. et al. TQM: quatro revoluções na gestão da qualidade. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

SLACK, N. et. al., Administração da Produção, edição compacta, São Paulo:, Atlas, 1999.

TURCHI, L. M. Qualidade total: afinal, de que estamos falando? Brasília:, IPEA (Texto para discussão nº 459), fev. 1997 40 p..

VAZZANA, G. S. et al. Can TQM fill a gap in higher education? Journal of Education for Business, v. 72, nº 5, p.313-316, May-Jun. 1997.

XAVIER, A. C. R. A gestão da qualidade e a excelência dos serviços educacionais: custos e benefícios de sua implantação. Brasília:, IPEA (Texto para discussão nº 408), mar 1996, 20 p.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

Leonardo Francisco Figueiredo Neto

Mestre em Economia Aplicada pela ESALQ/USP em novembro de 1997, atualmente locado no Departamento de Engenharia de Produção da UNESP de Bauru, e cursando o programa de doutoramento do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica/USP, estuda e tem interesse em áreas relacionadas ao capital humano e sua importância no contexto econômico e social do país.

José de Souza Rodrigues

Doutor em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ em janeiro de 1998, mestre em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ em abril de 1992, atualmente locado no Departamento de Engenharia de Produção da UNESP de Bauru, estuda e tem interesse em áreas relacionadas ao ensino de engenharia com preocupação de entender como exigências profissionais recentes deverão ser incorporadas ao ensino (trabalho em equipe, multidisciplinar, e desenvolvimento simultâneo de atividades - conceito de engenharia simultânea).

FOTOELASTICIDADE APLICADA AO ENSINO DE ENGENHARIA

Eliane Dias Alvarez[1], Flávio Kieckow[2] & Telmo Roberto Strohaecker[3]

RESUMO

As disciplinas de resistência dos materiais, elasticidade, elementos de máquinas, entre outras, dos cursos de graduação em engenharia, tradicionalmente são ministradas de forma teórica. Mais recentemente, também tem sido utilizados métodos numéricos. Porém, as técnicas experimentais apresentam comprovada importância para a construção do conhecimento e na introdução de conceitos básicos de engenharia. Este trabalho tem como objetivo destacar o emprego da técnica fotoelástica, como método didático no processo ensino aprendizagem. Para tanto, é proposto um roteiro de atividades sobre concentração de tensões, onde serão utilizados um modelo fotoelástico apropriado e um polariscópio de transmissão. A partir deste roteiro podem ser discutidos conceitos como concentradores de tensões, tensões principais, distribuição de tensões etc., assim como o principio de funcionamento da técnica. Para validação desta experiência foram trabalhados dois grupos (experimental e de controle) separadamente. Em um dos grupos (experimental) foi aplicado o roteiro proposto (utilizando a fotoelasticidade), e em outro (grupo controle) o método teórico convencional. Os resultados obtidos apontam que o grupo experimental apresentou um desempenho 50,36% melhor do que o grupo de controle.

Palavras-chave: Fotoelasticidade, ensino, engenharia

ABSTRACT

The disciplines strenght of materials, elasticity, machine elements, among others, of the under-graduation courses engineering. are traditionally taught in an theoretic way. More recently numerical methods have also been used. However, experimental techniques show great importance for the construction of knowledge and in the engineering basic concept introduction. This work aims to highlight the photoelastic technique use as a didactic method in the teaching and learning process. Specific activities on tension concentration are proposed in which a photoelastic model and a polariscope transmission will be used. Based on those activities, concepts such as stress concentration, main stress, stress distribution can be discussed as well as the technique operation principle. In order to make valid this experience, there were two groups, experimental and of control, working separately. In order to validate the proposed method, two groups, were formed. One group underwent the experimental classes here proposed. Another group, herewith called control group, undertook the traditional course. Survey results indicate that the "experimental group" presented a performance 50.36% superior to the control group.

Keywords: photoelasticity, teaching, engineering

INTRODUÇÃO

As disciplinas apresentadas no curso de engenharia tradicionalmente abordam seus conteúdos de forma teórica. No entanto é interessante o uso de metodologias que desenvolvam no aluno não apenas o conteúdo, mas também habilidades como observação, análise, estabelecimento de relações etc., que são habilidades condizentes a um profissional nesta área.

Técnicas experimentais quando empregadas em aula podem contribuir para o desenvolvimento dessas habilidades,

[1] Mestre em Engenharia - PPGEMM - UFRGS. E-mail: edias@demet.ufrgs.br
[2] Professor - URI - Santo Ângelo
[3] Professor Dr., Coordenador do Curso de Pós-Graduação - PPGEMM - UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia. Av. Osvaldo Aranha, 99, Sala 610 (LAMEF), CEP 90035 - 190, Porto Alegre, RS

assim como podem contribuir para que o profissional em formação desenvolva atitudes e hábitos coerentes com a metodologia experimental, tecnológica e científica.

Para a realização deste trabalho foi utilizada como ferramenta didática: a técnica fotoelástica bidimensional, que pode ser empregada para a análise de diversos problemas em resistência dos materiais (no estado plano de tensões). É uma técnica de fácil entendimento, pois são utilizados modelos transparentes à luz, o que facilita a visualização das deformação internas. Quando modelos fotoelásticos são solicitados surge um padrão de franjas que descrevem o campo de tensões no componente.

A fotoelasticidade pode ser considerada uma técnica de baixo custo, pois os modelos, quando trabalhados no limite elástico de deformação, podem ser reutilizados.

Como parte da proposta pedagógica são apresentados modelos didáticos e um roteiro de atividades que tem por finalidade estimular o aluno a interagir em sala de aula, trabalhando em grupo, participando da construção do conhecimento, buscando soluções para problemas práticos propostos. Com este material didático podem ser abordados conceitos como concentradores de tensões, tensões principais, distribuição de tensões, etc.

MÉTODO DA FOTOELASTICIDADE

Princípio do Método da fotoelasticidade.

A fotoelasticidade tem como base a propriedade ótica que determinados materiais transparentes e isotrópicos apresentam, de mudar sua estrutura interna quando submetidos a um determinado carregamento. As mudanças internas ou deformações geradas por um estado de tensões ocasionarão uma anisotropia ótica, tal que para um determinado ponto existirão três índices de refração principais associados. As mudanças nesses índices de refração são linearmente proporcionais ao carregamento (Dally & Riley, 1991).

Para realizar uma análise de tensões empregando a técnica da fotoelásticidade são necessários: Modelos usinados em material fotoelástico (na forma dos componentes) e um polariscópio de transmissão. Este polariscópio tem como função polarizar a luz que incide sobre o modelo fotoelástico assim como permitir a analise da luz transmitida através deste modelo.

Ao incidir luz polarizada sobre um modelo fotoelástico tensionado, haverá a projeção do campo elétrico, segundo os eixos que correspondem às tensões principais para um dado ponto. O resultado será uma imagem constituída de franjas e possivelmente de pontos. Tanto essas franjas como os pontos têm origem na interação da luz polarizada com o material birrefringente no qual o corpo foi modelado. Quando a luz utilizada for policromática é possível visualizar franjas coloridas e escuras mapeando o modelo. Se a luz utilizada for monocromática, passam a ser observadas apenas franjas escuras intercaladas com franjas claras (Frocht, 1941).

A intensidade da luz que emerge do analisador é proporcional ao quadrado da amplitude do vetor campo elétrico que passa pelo analisador.

Se o polariscópio utilizado apresentar um conjunto de polarizadores plano e circulares, cruzados a 90°, que é o arranjo mais tradicional. a intensidade da luz, será dada por:

$$I = K \operatorname{sen}^2 \frac{\Delta}{2} \qquad (1)$$

Sendo assim, a extinção ocorrerá quando:
$\operatorname{sen}^2(\Delta/2) = 0$, neste caso: $\Delta/2 = np$, onde: n= 0, 1, 2, 3,...

Mas:

$$n = \frac{\Delta}{2\pi} = \frac{hc}{\lambda}(\sigma_1 - \sigma_2) \qquad (2)$$

Sendo assim, a extinção dependerá da diferença entre as tensões principais e, também, do comprimento de onda da luz, λ. As franjas visualizadas neste caso serão denominadas de isocromáticas.

As isocromáticas são o resultado da interação da luz polarizada policromática com a dupla refração temporária presente nos modelos. Esta dupla refração temporária determina a extinção de freqüências do espectro visível, tal que cores complementares podem ser observadas.

A primeira cor a ser extinta frente a qualquer variação nas tensões principais é o violeta. Nesse caso, uma franja amarela, que corresponde à cor complementar, será visível no modelo (Frocht, 1941; Durelli & Riley, 1965; Dally & Riley, 1991).

Relação entre Ótica - Tensão (The Stress - Optic Law)

Partindo de um estado plano de tensões (onde $\sigma_3 = 0$), pode-se considerar em um ponto qualquer de um corpo sob carregamento, as seguintes relações:

$$n_1 - n_0 = c_1\sigma_1 + c_2\sigma_2 \qquad (3)$$

$$n_2 - n_0 = c_1\sigma_2 - c_2\sigma_1 \qquad (4)$$

onde:

σ_1 e σ_2 - são tensões principais

n_0 - é o índice de refração do material sem carregamento

n_1 e n_2 - são os índices de refração principais do corpo que coincidem com as direções das tensões principais

c_1 e c_2 - são constantes fotoelásticas (stress-optic coefficients)

As quantidades $n_1 - n_0$ e $n_2 - n_0$ representam os efeitos óticos em função do carregamento sobre o corpo inicialmente isotrópico.

Eliminando n_0 das equações 3 e 4, chega-se à:

$$n_2 - n_1 = (\sigma_1 - \sigma_2)(c_2 - c_1) \qquad (5)$$

$c_2 - c_1 = c$ - constante fotoelástica relativa expressa em termos de brewsters.

Onde pode-se verificar que existe uma relação linear entre a diferença das tensões principais e a diferença entre os índices de refração principal do corpo.

A diferença de fase angular (Δ) entre as componentes da luz que emergem da placa está relacionada com a mudança nos índices de refração no material, tal que pode ser representada pela equação 2.

Substituindo na expressão 5, chega-se a:

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{nC}{h} \qquad (6)$$

As franjas isocromáticas que podem ser observadas são função da diferença entre as tensões principais, como mostra a equação básica da fotelasticidade, apresentada na equação (6) e podem ser interpretadas como as regiões onde, para cada franja, a diferença entre as tensões principais e a tensão máxima cisalhante é constante.

Onde se pode verificar que $n = \Delta/2\pi$ (ordem da franja), $f = \lambda/c$ (material fringe value ou constante de franja do material) (Frocht, 1941; Vasconcelos, 1951).

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O procedimento experimental adotado neste trabalho está vinculado à proposta didática de trabalhar em aula com a técnica da fotoelásticidade. Para tanto é necessário utilizar equipamento e material adequado à realização das medidas.

Descrição do equipamento utilizado

O polariscópio de transmissão é um sistema constituído por um conjunto de elementos ópticos que tem por função transmitir luz polarizada. Com este equipamento é possível realizar um análise qualitativa e/ou quantitativa da distribuição de tensões em modelos fotoelásticos.

O equipamento utilizado neste trabalho corresponde a um polariscópio de transmissão com um sistema de carga acoplado (Alvarez, S/D).

Modelos fotoelásticos

Os modelos didáticos confeccionados para a realização deste trabalho correspondem a modelos clássicos abordados em livros textos de disciplinas relacionadas a mecânica do contínuo (Peterson, 1953; Griffel, 1966). Estes modelos foram escolhidos em função da necessidade de trabalhar inicialmente, com o aluno, modelos simples que possam ser analisados analiticamente e que sejam facilmente encontrados na literatura, para comprovação experimental dos resultados obtidos.

A partir destas considerações o modelo escolhido para o estudo de concentradores de tensões foi o caso clássico da placa plana com furo central. Este modelo é apresentado em vários livros, onde podem ser encontradas variações no número de furos, forma do furo, etc. (Peterson, 1953).

O material empregando para a confecção destes modelos é denominado de fotoelástico. Apresenta característica homogênea, elástica e isotrópica. É transparente à luz e não apresenta tensões residuais iniciais (Measurements Group, S/D).

Determinação da ordem das franjas

Para a determinação das ordens das franjas foi utilizada a Tabela 1 com valores aproximados dos valores das ordens das franjas. Estas ordens estão relacionadas as tensões máximas cisalhantes, a partir da multiplicação da ordem obtida, por valores constantes como a espessura e o coeficiente de tensão (Dally & Riley, 1991).

Tabela 1. Ordem da franja em função da cor

Cor	Ordem da franja
Preta	0,00
Cinza	0,28
Branca	0,45
Amarelo	0,60
Laranja	0,80
Roxo	1,00
Azul	1,08
Azul esverdeado	1,22
Verde amarelado	1,39
Rosa avermelhado	1,82

ROTEIRO PROPOSTO

Foi desenvolvido um roteiro de atividades, com uma proposta de trabalho que pode ser aplicada em aula para o estudo do seguinte tema: Concentração de Tensões

Este roteiro fornece condições ao aluno de determinar o fator de concentrações de tensões em placas planas com descontinuidade, empregando a teoria da fotoelasticidade. É interessante que o aluno trabalhe em grupo para a realização desta experiência e que o professor interaja durante o procedimento como mediador do conhecimento. Após obter os resultados é sugerido que sejam confirmados os resultados partir de método analítico ou a partir de tabelas. O modelo utilizado neste trabalho corresponde a uma placa plana com furo central com carregamento axial trativo (no entanto é possível utilizar outras geometrias).

MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Para a verificação da validade desta proposta experimental pedagógica, foram realizadas as seguintes atividades: Uma turma de 23 alunos de Engenharia Mecânica na disciplina de Medições Mecânicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, foi dividida em dois grupos. Um grupo foi denominado como grupo de controle (12 alunos) onde foi aplicado o ensino tradicional teórico. O outro grupo foi denominado como grupo experimental (11 alunos) onde foi aplicado o roteiro proposto, apresentado no Anexo 2.

Um teste, constituído de 12 itens, foi aplicado no final da aula (em ambos os grupos), com o objetivo de comparar os resultados obtidos em cada grupo (média de acertos). Este teste está apresentado em Anexo 2.

Tabela 2. Características do escore total de cada grupo no teste

Grupo	Média	Desvio Padrão	Repetições	Maior Escore	Menor Escore
Experimental	10 A*	1.34	11	12	8
Controle	7,5 B*	1.45	12	10	5
C. V. (%)	16,069				

* Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de significância. (Probabilidade > F = 0,00055)

A consistência interna do teste foi avaliada a partir do coeficiente de correlação entre o item e o escore total. Com este procedimento pôde-se identificar itens que não devem ser mantidos no teste por não serem coerentes com os demais. Neste caso os itens com coeficiente de correlação baixos podem ser eliminados. Todos os itens, ou questões, possuem 3 opções de resposta, sendo a resposta única. A resposta correta de cada aluno corresponde ao escore "1", a resposta errada corresponde ao escore "0". O escore total corresponde à soma de acertos de cada aluno. Para este caso este escore deve variar de 0 a 12.

A autocorrelação das medidas consigo mesmas é denominada de coeficiente de fidedignidade. Este coeficiente também é afetado pela heterogeneidade entre os indivíduos na variável medida pelo instrumento (teste), ou seja, quanto mais próximo da unidade, mais capaz está sendo o instrumento de detectar as diferenças entre os indivíduos do grupo (Moreira & Silveira, 1993).

RESULTADOS

Na Tabela 2 são apresentadas as médias, desvio padrão e o número de repetições para cada grupo analisado. Para verificar se a diferença entre os resultados obtidos para cada grupo de alunos é significativa utilizou-se o teste de Tukey onde constatou-se que os resultados realmente diferem ao nível de 1% de significância (Riboldi, 1995).

Na Tabela 3 é apresentada uma análise de consistência interna do teste, baseada nas respostas dos 23 alunos da disciplina de Medições Mecânicas da UFRGS. É apresentada a distribuição de freqüências das alternativas em cada item. Também é apresentado o coeficiente de correlação item - total (para os 12 itens). Os itens 1, 2, 3, 9 e 12 (em negrito) podem ser eliminados do teste (Moreira & Silveira, 1993).

Tabela 3. Análise de consistência interna baseada nas respostas dos 23 alunos de engenharia

Item	A	B	C	r_{it}
1	0	22**	1	0,081
2	0	23**	0	0
3	21**	1	1	0,117
4	6	15**	2	0,574
5	4	0	19**	0,551
6	16**	1	6	0,407
7	6	14**	3	0,549
8	3	4	16**	0,303
9	1	2	20**	0,147
10	1	16	6**	0,532
11	11**	10	2	0,507
12	4	0	19**	0,175

** Resposta correta
rit - Coeficiente de correlação item - total

A Tabela 4 apresenta a análise dos resultados após a eliminação dos itens deficientes..

Na Tabela 4 também são apresentadas as médias, desvio padrão e o número de repetições para cada grupo analisado. Para verificar se a diferença entre os resultados obtidos para cada grupo de alunos é significativa (após a eliminação dos itens ruins), utilizou-se o teste de Tukey onde constatou-se que os resultados realmente diferem ao nível de 1% de significância (Riboldi, 1995).

Na Tabela 5 é apresentada a análise dos resultados para as duas versões do teste, onde pode-se verificar que houve um aumento no coeficiente de fidedignidade.

Os escores gerados pelo instrumento (teste) foram utilizados apenas para comparar os grupos em média. Portanto o coeficiente de correlação de 0,61 pode ser tolerado (Moreira & Silveira, 1993).

DISCUSSÕES

A partir da análise dos resultados obtidos é possível verificar que existe diferença no número de acertos obtidos (no teste aplicado a ambos os grupos) do grupo controle em relação ao grupo experimental. Esta diferença corresponde a uma porcentagem de 25%.

Este resultado indica que o método tradicional, em que o aluno é visto como receptor de conhecimento, mesmo para alunos que se encontram na fase operatória formal segundo Piaget, não contribui significativamente para sua formação (Piaget, 1990).

De acordo com Paulo Freire: "ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção" (Freire, 1996).

Utilizar formas alternativas, como a fotoelasticidade, é criar oportunidades ao aluno de interagir, construindo (com os colegas) o seu conhecimento. Neste processo o professor é considerado um mediador que respeita a autonomia do aluno. Paulo Freire cita que "o respeito à autonomia e à

Tabela 4. Características do escore total de cada grupo no teste validado

Grupo	Média	Desvio Padrão	Repetições	Maior Escore	Menor Escore
Experimental	5,54 A*	0,82	11	7	4
Controle	2,75 B*	1,29	12	5	0
C. V. (%)	26,685				

* Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de significância. (prob.> F = 0,00003)

Tabela 5. Características do escore total no teste aplicado

Versão	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de Fidedignidade[9]
12 itens	8,69	1,87	0,51
7 itens	4,09	1,78	0,61

dignidade de cada um é um imperativo ético e não um favor que podemos ou não conceder uns aos outros". Essa autonomia pode ser vista como uma das habilidades necessárias para que o profissional em engenharia desenvolva suas atividades (Freire, 1996).

Os resultados obtidos no teste de consistência interna do teste aplicado indicam que os itens em negrito na Tabela 3 podem ser excluídos, pois apresentam baixa correlação entre o item e o total. Este resultado pode estar relacionado aàmá formulação da questão (como clareza), assim como no equívoco cometido na escolha do item como instrumento de avaliação.

Após eliminar estes itens a diferença percentual na média de acertos, entre os grupos, subiu significativamente de 25% para 50,36%. Este resultado confirma a tendência encontrada nos resultados iniciais, em que pode ser constatado que o grupo experimental foi beneficiado quando da utilização de um prática pedagógica alternativa. É importante ressaltar que esta prática foi possível em virtude do reduzido número de alunos.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados neste trabalho conclui-se que:

- a utilização de técnic da fotoelásticidade, para a introdução de conceitos relacionados a "concentração de tensões", permitiu uma ótima interação aluno - conteúdo - professor.
- aproveitamento do grupo experimental em relação ao grupo de controle mostrou-se superior. Os resultados apresentam um aumento na média de acertos (escore total) do grupo experimental em relação ao grupo de controle em 50,36%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DALLY, J. W.; RILEY, W. F. Experimental Stress Analysis. 3rd ed. New York McGraw-Hill International Editions, 1991. 639p.

FROCHT, M. M. Photoelasticity. New York: John Willey & Sons, Inc., 1941. 2v.

DURELLi, A. J.; RILEY, W. F. Introduction to Photomechanics. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice - Hall, 1965. 402p.

VASCONCELOS, A. C. de. Fotoelasticidade. São Paulo: Universidade de São Paulo- Escola Politécnica, 1951. v. IX.

ALVAREZ, E.D. Equipamento de baixo custo para análise de tensões. Revista Brasileira de Física Aplicada e Instrumentação (em fase de publicação)

PETERSON, R. E. Stress concentration design factors New York John Willey & Sons, Inc., 1953. 155p.

GRIFFEL, W. Handbook of formulas for stress and strain New York Frederick Ungar Publishing Co., 1966. 419p.

MEASUREMENTS GROUP. Bulletin S -116 – H. p.6

MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. Instrumento de pesquisa em Ensino & Aprendizagem EDIPUCRS, 1993. 101p.

RIBOLDI, J. Cadernos de matemática e estatística; Análise de Variânica. Porto Alegre: Instituto de Matemática – UFRGS, 1995 109p. Série B, n.27.

PIAGET, J. Epistemologia Genética. Universidade hoje, Martins Fontes, 1990.p.45.

FREIRE, P. Pedagogia da Autonomia - Saberes necessários à prática educativa. São Paulo. Ed. Paz e Terra, 1996. 165p.

ANEXOS

Anexo 1 - Roteiro - Concentração de tensões

Objetivo: Esta experiência visa determinar o fator de concentração de tensões em uma placa plana apresentando um entalhe em forma de um furo central utilizando a fotoelasticidade.

Procedimento experimental: Com o auxílio de um sistema de carga acoplado a um polariscópio de transmissão, é possível aplicar carga trativa axial nos modelos a serem analisados.

Determinação do concentrador de tensões: A presença de um determinado defeito em um componente solicitado acarretará um aumento local nas tensões. A medida deste aumento é dada pelo fator de concentração de tensões (K_t). Este fator pode ser obtido a partir da relação entre a tensão máxima ($\sigma_{máx}$) na região da descontinuidade e a tensão nominal (σ_n).

1. Aplique um determinado carregamento ao modelo com entalhe. Com base no padrão de franjas obtido pode-se concluir intuitivamente qual a região mais solicitada?

2. Descreva, a partir de um desenho esquemático, a forma das franjas.

3. Qual o comportamento das franjas quando variamos a carga?

4. Existe algum padrão associado à distribuição de tensões no componente?

5. Com base no que foi apresentado anteriormente, escolha pontos próximos à descontinuidade e determine visualmente (qualitativamente) os pontos de tensão máxima. Determine a ordem das franjas nestes pontos, repetindo este procedimento no mínimo 4 vezes.

6. Agora determine as ordens das franjas em regiões afastadas do furo. Existem alguma relação entre a tensão em um ponto e a ordem da franja neste ponto?

7. Calcule para $C=7X10^3$ MPa/franja/mm e h=3,2mm, a partir da equação abaixo, a tensão máxima cisalhante.

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{NC}{h}$$

8. Determine as ordens das franjas em pontos fora do alcance do efeito do entalhe e calcule a tensão nominal. Repita este procedimento no mínimo 4 vezes.

9. Existe alguma relação entre os valores obtidos para a tensão máxima e para a tensão nominal? Calcule a razão entre estes valores. Existe alguma tendência nos valores obtidos?

10. Os valores obtidos correspondem ao fator de concentração de tensões. O que pode ser dito sobre a precisão dos valores encontrados?

11. Existem erros associados à metodologia experimental? O que pode ser feito para minimizar este erro? Compare o valor experimental obtido com o valor teórico (tabelado). Qual é o valor do erro?

12. Obtenha uma simplificação do método quando da utilização da técnica fotoelástica, a partir da equação que relaciona o valor da tensão em função do valor da ordem da franja.

13. Determine o valor de K_t em função da variação da carga considerando sempre os mesmos pontos.

14. Calcule analiticamente o valor do fator de concentração de tensões da geometria analisada. Compare os resultados analítico, teórico e experimental.

Anexo 2 - Teste - Concentração de tensões e sua determinação

1. Podemos dizer que a definição de concentração de tensões é:

a) uma tensão de contato.

b) a medida do efeito de uma descontinuidade em um componente.

c) a tensão de contato entre corpos super carregados.

2. Devido à presença de uma descontinuidade podemos dizer:

a) que uma distribuição de tensões não será afetada

b) que esta descontinuidade acarretará um distribuição não uniforme de tensões

c) que é necessário acrescentar uma outra descontinuidade simétrica para minimizar tensões

d) nenhuma das alternativas está correta

3. O fator de concentração de tensões é função:

a) da geometria do componente

b) da carga, considerando-se uma mesma geometria

c) do material do componente

4. Considere uma geometria com um furo de raio 5mm. Se aumentamos somente as dimensões do furo, estaremos alterando.

a) O valor das tensões, mas o fator de concentração continua o mesmo.

b) O valor do fator de concentração de tensões.

c) A tensão nominal

5. A tensão nominal é:

a) Uma tensão em regiões próximas a descontinuidades

b) Uma tensão que pode ser obtida enquanto não é aplicado carga

c) Uma tensão sem o concentrador de tensões

6. A relação entre a tensão máxima e a tensão nominal para uma mesma geometria é:

a) Dada por uma constante

b) Negativa

c) Dada por uma função linear

7. O valor do fator de concentração de tensões em um ponto varia com a carga?

a) Sim

b) Não

c) Talvez

8. Uma placa que não apresenta entalhes terá:

a) Tensões máximas maiores do que uma placa (nas mesmas dimensões) com um furo

b) Tensão nominal igual ao da placa (com mesmas dimensões) com um furo

c) Terá um concentrador de tensões igual ao da placa (com mesmas dimensões) com um furo

9. Podemos determinar o concentrador de tensões utilizando:

a) Apenas o método analítico

b) Apenas métodos analíticos e experimentais.

c) Por métodos analíticos, experimentais e simulação por elementos finitos.

10. A fotoelasticidade é:

a) Uma técnica para medida de elasticidade em materiais a partir de fotografias

b) Uma técnica analítica que trabalha com medidas de tensões a partir de interferência da luz

c) Uma técnica de analise de tensões em componentes no regime linear elástio

11. Medidas fotoelásticas podem determinar:

a) As direções das tensões principais em um componente solicitado

b) As tensões principais a partir de um padrão de franjas

c) Quantativamente as deformações no componente

12. O padrão de franjas em um modelo fotoelástico solicitado representam:

a) Padrões de interferência

b) Deformações permanentes

c) Deformações elásticas

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

Eliane Dias Alvares

Graduada em Licenciatura em Física (1999) e em Bacharelado em Física (1994) pelo Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande e mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais Escola de Engenharia Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1998). Professora Substituta da UFRS no período de Abril de 1999 a Abril de 2001.

Telmo Roberto Strohaecker

Graduado em Engenharia Metalúrgica pela Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1977); Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1980) e Doutor em Engenharias pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais (1994-1996; 1998 – 2000). Chefe do Departamento de Metalurgia da UFRGS (1997 – 1999).; Membro da Comissão de Carreira da Escola de Engenharia - COMCARENG - 1991 -1992.; Prêmio Luiz Dumont Villares - Associação Brasileira de Metais (1981); Prêmio Inovação Tecnológica - Associação de Ensaios Não - Destrutivos (1991). Coordenador do Laboratório de Metalurgia Física do Departamento de Metalurgia da UFRS.

Flávio Kieckow

Graduado em Engenharia Mecânica pela Escola de Engenharia, Universidade Região Integrada, Santo Ângelo – RS; Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1997); Professor da Universidade Integrada - Santo Ângelo Escola de Engenharia - Eng. Mecânica - URI – RS.

DIFICULDADES EM CONCEITOS BÁSICOS DE MATEMÁTICA: DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DOS ALUNOS INGRESSANTES NA UNISUL

Diva Marília Flemming[1], Elisa Flemming Luz[2] & Claudio Coelho[3]

RESUMO

Algumas discussões vêm sendo fomentadas por órgãos governamentais, associações de ensino e instituições de ensino superior com o intuito de se repensar as diretrizes curriculares para os cursos de graduação. No NEEM/UNISUL - Núcleo de Estudos em Educação Matemática da Universidade do Sul de Santa Catarina, os professores da área de matemática vêm discutindo a reestruturação desses cursos e sobre a constatação de um grave problema: a maioria dos alunos ingressantes nos cursos de graduação apresentam defasagem de conteúdos básicos de matemática. A partir dessa constatação, o NEEM, vem implantando ações que visam, de forma emergencial, solucionar o problema. Essas ações têm um suporte conceitual pedagógico e são alimentadas por diversos dados levantados junto aos alunos. Este artigo tem o objetivo de apresentar resultados obtidos a partir de sondagens realizadas com os alunos de primeira fase, levantando reflexões sobre uma concepção diferenciada para o ensino das disciplinas de matemática.

Palavras-chave: educação matemática, práticas pedagógicas, dificuldades na aprendizagem

ABSTRACT

Governmental institutions, educational associations and universities, with the intention of rethinking the curricular guidelines of the undergraduate courses, are promoting some debates. At the NEEM/UNISUL – Núcleo de Estudos em Educação Matemática da Universidade do Sul de Santa Catarina (Study Group in Mathematical Education of the University of the South of Santa Catarina), the professors of the Mathematics area are discussing the reorganization of these courses and have identified a serious problem: the majority of the new students of the undergraduate courses present insufficient knowledge of basic contents of Mathematics. From this observation, NEEM is introducing actions that aim at solving the problem. These actions have a pedagogical conceptual support and are based on various data gathered among the students. The objective of this article is to present the results obtained from observations with the students of the first term and considerations on a different conception for the teaching of Mathematics.

Keywords: mathematical education, pedagogical practices, learning difficulties

INTRODUÇÃO

O mundo vivencia uma expectativa pela mudança do século. Muitos esperam e sonham com uma vida melhor a partir do ano 2000. Infelizmente o simples rodar do calendário não oferece garantias para que a humanidade passe a viver melhor.

O que seria viver melhor? Cada um responde a essa pergunta conforme sua formação social, política e cultural.

É evidente que neste "novo mundo" não existe espaço para uma visão de educação arcaica, pois as oportunidades de desenvolvimento dependem da qualidade de educação da população. Por outro lado, a competitividade da economia está fortemente ligada a questões educacionais. Pode-se afirmar que o cidadão que não sabe pensar não é útil para a produtividade no novo mundo. Torna-se necessário energizar a sociedade com o conhecimento, o que valoriza e destaca cada vez mais o papel dos sistemas educacionais.

[1] Professora, Doutora, UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina. Rua José Salvador Diniz, s/n , CEP 88130 - 000, Palhoça, SC. Telefax: (48) 242-2502. E-mail: flemming@iaccess.com.br

[2] Professora, Mestre, UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina. E-mail: efluz@matrix.com.br

[3] Professor, Mestre, UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina. E-mail: coelho@pa.unisul.rct-sc.br

No Brasil, observa-se um processo de reflexão desde as instituições de ensino até os órgãos governamentais. A necessidade de mudanças, diante da realidade atual, alicerça a maioria das reflexões nos meios educacionais.

Evidentemente os avanços das novas tecnologias passam a integrar o processo de mudanças, pois os pesquisadores são quase sempre unânimes quando discutem esse tema. Por exemplo, Longo & Telles (1998) afirmam que "particularmente as instituições têm sofrido enormes impactos provocados pelo freqüente emprego de novas tecnologias que, via de regras, alteram hábitos, valores e tradição que parecem imutáveis."

A UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina, consciente da realidade atual, tem promovido mudanças na busca de uma "educação inovadora com qualidade em suas funções e serviços de ensino, pesquisa e extensão, para formar o cidadão e contribuir com o desenvolvimento regional sustentável" (missão da UNISUL).

Observa-se, desde a aprovação da nova LDB, uma espera bastante passiva no contexto das diretrizes curriculares. O ensino médio não está com uma nova identidade, ainda não oferece de forma articulada uma educação equilibrada, isto é, observável quando se avalia os alunos ingressantes por meio de sondagens e questionários. A maioria não demonstra condições para continuar aprendendo, de forma autônoma e crítica, conteúdos mais complexos requeridos no ensino superior.

Por outro lado, o ensino superior busca a qualidade para que a universidade cumpra a sua missão de educação superior, ou seja, propiciar aos cidadãos o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo; formar profissionais para participarem no desenvolvimento da sociedade brasileira; incentivar a pesquisa; promover a divulgação de conhecimentos culturais, científicos e técnicos e estimular o conhecimento dos problemas atuais da sociedade criando alternativas de soluções.

Os dados apresentados neste artigo refletem algumas ações inovadoras consideradas emergenciais, desenvolvidas no contexto dos cursos que têm disciplinas de matemática em suas grades curriculares.

REALIDADE ATUAL DIANTE DA NOVA LDB

Muitos pesquisadores acompanharam a trajetória da formatação da LDB (Lei nº 9.394, de dezembro de 1996) que trouxe avanços ainda não bem assimilados pelo sistema educacional. Demo (1997) escreve sobre a lei e coloca suas facetas positivas, como, por exemplo, o compromisso com avaliação; uma visão alternativa da formação dos profissionais da educação e a valorização do magistério. Por outro lado, tem-se os "ranços", dos quais destacam-se: a visão obsoleta de educação superior e uma omissão quase sistemática da informática educativa.

Sendo assim, torna-se urgente a implementação efetiva de ações inovadoras permitidas pela nova lei e também a aplicação de diversas ações emergenciais para suprir as lacunas atuais existentes, promovidas pela falta de reflexão e ação por parte de todos os envolvidos no sistema educacional.

A partir dessa visão, o NEEM vem refletindo, projetando e desenvolvendo ações compatíveis com os recursos disponíveis e direcionadas para a lacuna existente entre o ensino médio e o ensino superior, relativa à falta de conhecimentos básicos dos alunos ingressantes.

A CONSTATAÇÃO

Para constatar a problemática levantada, que diz respeito à falta de conhecimentos básicos dos alunos ingressantes em um curso superior, o NEEM, desde 1998, vem aplicando sondagens no primeiro dia de aula com os alunos de primeira fase em cursos que possuem disciplinas de matemática em seu currículo. Desta forma, são levantados dados, como: ano de conclusão do ensino médio; nível de conhecimento que o aluno acredita possuir a respeito de alguns tópicos de matemática; o interesse em realizar um curso extraclasse, que envolva conteúdos de matemática básica, com o objetivo de reforçar e rever esses conhecimentos; o nível de conhecimento básico de computação e se utiliza a Internet e disponibilidade de horas de estudo extraclasse.

Juntamente com o questionário, os alunos respondem a um teste de conhecimentos básicos em matemática. O teste (sondagem) é composto de seis questões, divididas em: duas questões que tratam de operações básicas com números reais, duas questões que tratam de funções do segundo grau e duas questões que tratam de funções do primeiro grau.

Os dados a seguir, coletados no primeiro semestre de 1999, referem-se aos cursos de Administração (matutino e noturno), Arquitetura, Computação (noturno), Ciências Contábeis, Engenharia Civil, Engenharia Elétrica - Telemática e Relações Internacionais.

a) Aproximadamente 55% dos alunos concluíram o ensino médio há pouco mais de dois anos; desta forma, a falta de conhecimentos básicos em matemática não pode ser justificada por esquecimento dos conteúdos e sim devido a outros fatores, como, por exemplo, deficiência em conteúdos do ensino médio (ver tabela 01).

Tabela 01. Ano de conclusão do ensino médio (dados coletados em 1999)

Ano	Nº de Alunos	%
1999	19	7
1998	86	31
1997	48	17
1996	40	15
Anterior a 1996	81	29
Não respondeu	1	0

b) Boa parte dos alunos possui computador (75%); pouco mais da metade utiliza a internet (61%); aproximadamente o total dos alunos (93%) declara saber muito ou o suficiente sobre como utilizar um computador (ver tabelas 02 a 04).

Tabela 02. Disponibilidade de computador

	Nº de respostas	%
Sim	205	75
Não	70	25

Tabela 03. Utilização da internet

	Nº de respostas	%
Sim	169	61
Não	106	39

Tabela 04. Nível de conhecimento de computação

	Nº de respostas	%
Bom	111	40
Regular	145	53
Nada	19	7

c) Aproximadamente 90% dos alunos acredita que seu nível de conhecimento em operações básicas com números reais, noções sobre gráficos, funções do primeiro grau e do segundo grau é bom ou razoável, decaindo para algo em torno de 60% nos tópicos de funções trigonométricas, funções logarítmicas e exponenciais (ver figura 01).

d) Quanto ao quesito disponibilidade de horas extraclasse para estudos (ver tabela 05), observa-se a predominância de duas horas ou menos nas respostas (77%), o que é respaldado pelas declarações de que a maioria dos alunos da UNISUL trabalha e estuda.

e) Os dados obtidos na sondagem sobre conhecimentos de matemática básica são observados na figura 02. O total de acertos das questões sobre operações básicas com números reais (questão 1) foi 31%; noções sobre gráficos (questão 2) foi 22%; funções do primeiro grau (questão 3) foi 27%; funções do segundo grau (questão 4) foi 17%; funções trigonométricas

Tabela 05. Disponibilidade de horas de estudo extraclasse

Horas por dia	Nº de respostas	%
0-1	97	35
1-2	116	42
2-3	26	9
3-24	25	9

(questão 5) foi 22% e a questão sobre funções logarítmicas e exponenciais (questão 6) foi 50%. Observou-se que a questão 6 foi resolvida sistematicamente por conceitos intuitivos.

Esse último resultado contrasta com o obtido na figura 01, em que 90% dos alunos afirmava deter conhecimentos de operações com números reais gráficos e funções do primeiro e segundo grau. Pode-se, assim, questionar: está claro para os alunos quais são os conhecimentos básicos de matemática necessários para o ingresso num curso de engenharia? A matemática tem sido apresentada no ensino fundamental e médio como uma mera ferramenta sem muita utilidade? Os professores continuam fixando regras, algoritmos e macetes? Como o aluno vai desenvolver capacidades criativas? E capacidades para analisar sistemas complexos que surjam?

Apesar dos resultados, a maioria (70%) dos alunos se mostra bastante interessada em suprir suas deficiências participando de cursos extraclasse.

CONCEPÇÕES NO CONTEXTO PEDAGÓGICO

Diante da visão de uma universidade com mais autonomia acadêmica, pode-se estruturar projetos mais flexíveis e interdisciplinares. Isso evidentemente exige inovações, criatividade e muitas mudanças consideradas radicais nos meios acadêmicos.

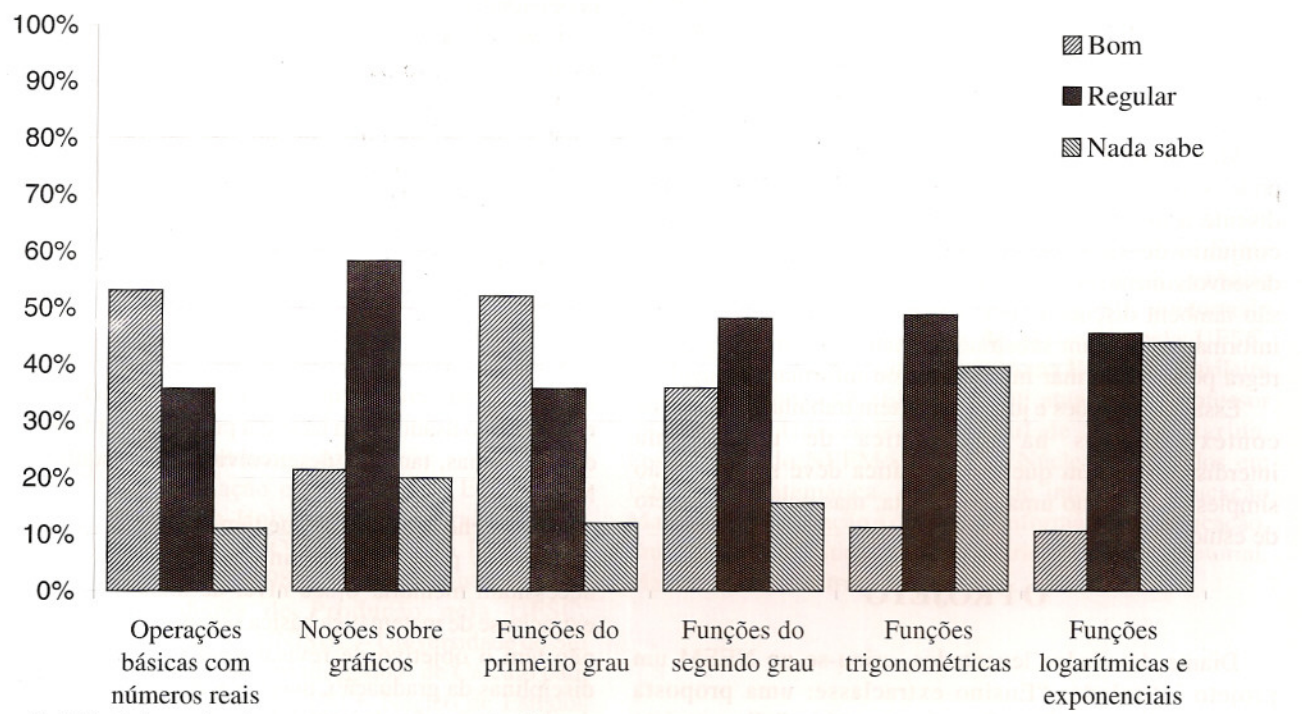


Figura 01. Nível de conhecimento na concepção do aluno

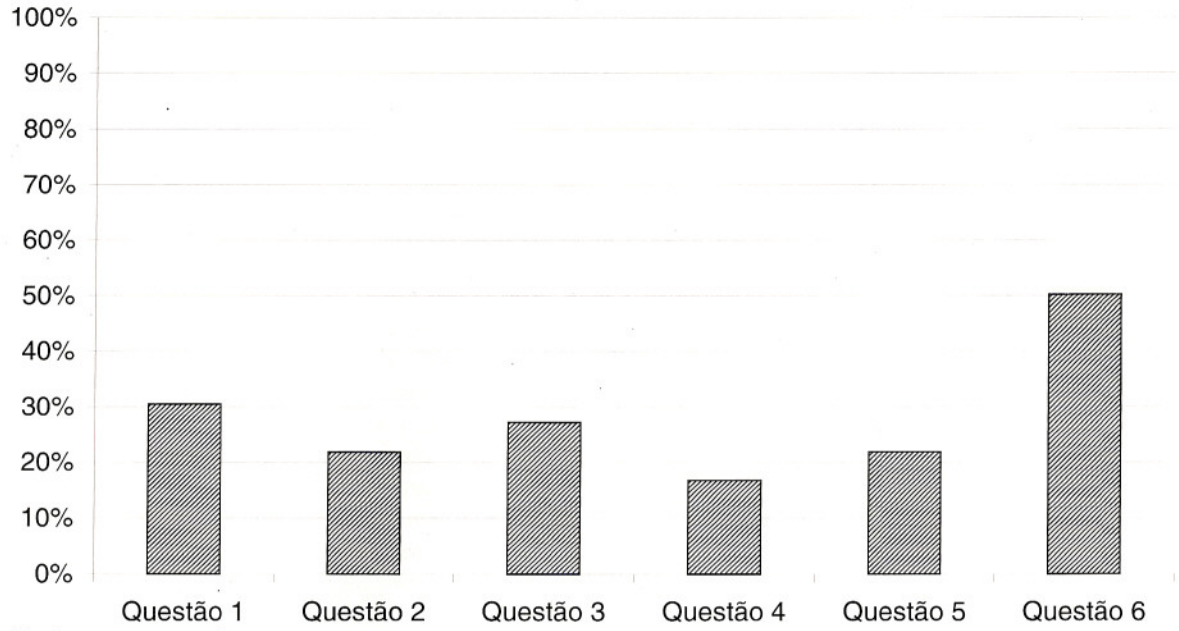


Figura 02. Acertos na sondagem

Para que projetos inovadores tenham sucesso é necessário estar alicerçados em sólidas idéias pedagógicas. Todos os projetos desenvolvidos no NEEM estão embasados em pressupostos psicopedagógicos dentro de uma visão construtivista. Construtivismo, aqui colocado, não como um modismo, mas sim como uma teoria epistemológica em que o conhecimento não está no sujeito nem no objeto, ele se constrói na interação do sujeito com o objeto. Quando o sujeito interage, ele produz sua capacidade de conhecer, assim o conhecimento surge da ação (ver elementos da teoria de Piaget em Fosnot, 1998).

Toda concepção pedagógica necessária para a prática docente no ensino superior está muito bem colocada por Franco (1995) quando afirma que se deve encarar o construtivismo como um instrumento para ajudar o professor a entender a realidade do seu aluno e, a partir desse entendimento, criar métodos e técnicas inovadores para a sala de aula.

Mais especificamente no caso dos cursos de engenharia, pode-se ressaltar as reflexões de Flemming (1996) quando discute a necessidade da matemática ser vista como um conjunto de sistemas que propiciem aos indivíduos o desenvolvimento do raciocínio lógico e dedutivo. Essas idéias são também discutidas por Santaló (1996): "cada aspecto informativo tem um substrato formativo, de maneira que a regra pode ser formar informando ou informar formando."

Essas concepções e idéias permitem trabalhar os projetos contextualizados na matemática de uma forma interdisciplinar, em que a matemática deve ser vista não simplesmente como uma ferramenta, mas como um objeto de estudo.

O PROJETO

Diante dos dados levantados, criou-se no NEEM um projeto intitulado: "Ensino extraclasse: uma proposta emergencial para as disciplinas de matemática". Esse projeto reflete uma preocupação em relação à falta de conhecimentos básicos para as disciplinas de matemática nas primeiras fases.

O projeto é constituído de algumas ações que formam um amplo programa de apoio a alunos que necessitam de um reforço pedagógico ou de uma recuperação paralela.

Uma das ações implantadas chama-se plantão pedagógico, consistindo em atendimento individual e extraclasse prestado por um conjunto de professores a alunos que necessitam de apoio em seus estudos. Vale destacar que não se trata apenas de um atendimento individualizado, mas sim uma atividade que é norteada por pressupostos pedagógicos refletindo as necessidades dos alunos e promovendo interações do tipo professor-aluno e professor-professor. Isso tem se mostrado altamente positivo para o contexto ensino-aprendizagem.

Outra ação é a monitoria, na qual alunos de fases mais adiantadas auxiliam os alunos que cursam as disciplinas de matemática. A atuação dos monitores não se restringe apenas ao atendimento de alunos, mas busca-se uma integração destes com a filosofia pedagógica seguida pelo NEEM, com a participação em atividades de estudos e pesquisas voltadas ao ensino-aprendizagem da matemática.

Essas duas ações são desenvolvidas numa sala ambiente, dispondo de material pedagógico desenvolvido em outros projetos e também de equipamentos computacionais. Esses recursos são usados com base em projetos de informatização de disciplinas, também desenvolvido por pesquisadores do NEEM.

Para atender os alunos que têm a visão de que não estão preparados para as disciplinas de matemática, ou ainda necessitam melhorar o seu nível de maturidade, os cursos extraclasse de matemática básica são oferecidos. Esses cursos não têm o objetivo de revisar conteúdos ministrados em disciplinas da graduação, mas tratar de conteúdos defasados desde o ensino fundamental até o ensino médio.

Uma outra ação, que ainda está em fase de implantação, é o oferecimento de cursos a distância. Por acreditar que a educação a distância pode atender uma boa parte dos alunos que possuem problemas de horários, os cursos a distância surgem como uma alternativa ao aluno que estuda em horários diversos, dependendo de sua disponibilidade. Estes cursos serão oferecidos via internet ou material impresso e o aluno terá o acompanhamento da equipe do projeto.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Após três semestres de execução do projeto descrito, pode-se enumerar vários resultados interessantes obtidos a partir de dados qualitativos e de concepções por parte dos alunos e dos professores envolvidos no processo.

Já se observa uma metodologia diferenciada de estudo - um processo mais humanizado. Isso porque os alunos sentem-se integrados numa equipe em que alunos e professores caminham juntos na concretização de objetivos bem delineados.

Alguns conteúdos de matemática podem ser apresentados de diversas formas aos alunos. Quando um aluno procura o professor de plantão, ou até mesmo o monitor para lhe auxiliar em algum conteúdo, muitas vezes ele se depara com outra maneira de resolver problemas, diferente da que lhe foi apresentada em sala de aula. Esse processo tem-se mostrado bastante rico sob dois aspectos. O aluno tem a oportunidade de entrar em contato com maneiras diferentes de resolver problemas e de escolher a que lhe for mais conveniente. Os professores, por sua vez, têm trocado idéias sobre as diferentes abordagens que podem ser discutidas em sala de aula e muitas vezes repensado a sua prática pedagógica, com o objetivo de atingir os anseios dos alunos.

Destaca-se também as diferentes linguagens trabalhadas. Alguns alunos preferem tirar suas dúvidas com os monitores, por acreditarem que a linguagem utilizada é mais próxima da sua.

Vivencia-se no desenvolvimento desse projeto um processo criativo permanente, com a busca de solução para questões do dia-a-dia. As novas tecnologias estão sendo incluídas a todo o momento, gerando bases sólidas para que o ensino-aprendizagem da matemática num futuro esteja muito próximo do idealizado pela sociedade (usando tecnologia de forma mais humana) e compatível com a realidade de disposição de recursos nas instituições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEMO, P. A Nova LDB: ranços e avanços. Campinas (SP): Papirus, 1997.

FLEMMING, D.M. A Matemática no Curso de Engenharia Civil - uma reflexão. In: Anais do Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil. Florianópolis, vol.1. p.1-7, abril, 1996.

FOSNOT, C.T. Construtivismo: teorias, perspectivas e prática pedagógica. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

FRANCO, S.R.K. O Construtivismo e a Educação. Porto Alegre: Mediação, 1995.

LONGO, W.P.; TELLES, M.H.C. Programa de Desenvolvimento das Engenharias: situação atual. In: Revista de Ensino de Engenharia. Brasília: Abenge, p.74-82 , n.19, 1º semestre de 1998.

SANTALÓ, L. A. Matemática para não matemáticos. In: Didática da Matemática: Reflexões Psicopedagógicas. Porto Alegre: Artes Médicas, p.11-25, 1996.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

Diva Marília Flemming

Graduação em Matemática em 1972 pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Mestrado em Matemática Aplicada em 1986 pela UFSC; Doutorado em Engenharia de Produção em 1994 pela UFSC. Professora aposentada da UFSC; atualmente professora da UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina. Coordenadora e pesquisadora do NEEM/ UNISUL - Núcleo de Estudos em Educação Matemática. Assuntos de interesse: Educação Matemática; Educação a distância; Informática na Educação; Tecnologia Educacional e Ensino de Matemática nas Engenharias.

Elisa Flemming Luz

Graduação em Engenharia Elétrica em 1995 pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Mestrado em Engenharia Elétrica em 1998 pela UFSC; doutoranda em Engenharia de Produção pela UFSC. Professora da UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina desde 1996 em disciplinas de Cálculo para engenharias. Pesquisadora do NEEM – Núcleo de Estudos em Educação Matemática. Membro do programa de educação a distância – Unisul Abert@. Assuntos de interesse: Educação Matemática, Educação a Distância, Informática na Educação, Ensino de Matemática nas Engenharias.

Claudio Coelho

Graduação em Engenharia Mecânica 1988 pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Mestrado em Engenharia Mecânica em 1990 pela UFSC; doutorando em Engenharia de Materiais pela UFSC. Engenheiro Mecânico na Empresa Brasileira de Compressores SA (EMBRACO); atualmente professor da Unisul - Universidade do Sul de Santa Catarina. Pesquisador do NEEM/UNISUL - Núcleo de Estudos em Educação Matemática. Assuntos de interesse: Educação Matemática, Educação a distância, Informática na Educação, Ensino de Matemática nas Engenharias, Mecânica Vetorial, Materiais de Construção.

CONTROLE DE TEMPERATURA DE UMA TORNEIRA ELÉTRICA: UM EXPERIMENTO PARA ENSINO

Ronaldo Tadêu Pena[1], Porfírio Cabaleiro Cortizo[2], Fabrício Reis Caldeira[3] & Kleber Alberto Nogueira Jr.[4]

RESUMO

Este artigo descreve um sistema, desenvolvido com finalidades didáticas, que realiza o controle de temperatura de uma torneira elétrica, na faixa de 22°C a 40°C. O controle é feito através de uma placa de disparo e um circuito tiristorizado que modula a potência elétrica entregue à torneira. O sistema opera com o sinal de referência, ajustado por um potenciômetro, do qual é subtraído o sinal de temperatura medido pelo sensor. O sinal de erro vai a um controlador Proporcional-Integral-Derivativo, PID, cuja saída é enviada à placa de disparo. O sistema permite que o estudante realize a identificação da planta e o projeto, sintonia e teste de controladores PID analógico ou digital. Ele tem sido usado, com sucesso, no Laboratório de Ensino de Controle e Instrumentação, LECI, do Departamento de Engenharia Eletrônica da UFMG.

Palavras-chave: Laboratório de controle, Controladores PID, Controle de temperatura

ABSTRACT

This paper describes an electric faucet temperature control system, developed for teaching purposes. The temperature is controlled in the 22 to 40°C range. The control action is performed by a driver circuit for a tiristor module that controls the electric power delivered to the faucet. The system operates with a set-point adjusted by a potentiometer. From the set-point signal it is subtracted the measured temperature signal. The error signal goes to a PID and the controller output goes to the power circuit. The system user can do the plant identification, and the analog or digital PID design, tuning and testing. It has been successfully used at the Control and Instrumentation Teaching Laboratory, LECI, of the Electronic Engineering Department of the Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.

Keywords: Control laboratory, PID controllers, Temperature control

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de sistemas relativamente simples, para ensino de Engenharia de Controle é, na opinião dos autores, absolutamente essencial atualmente no Brasil. Na maioria dos cursos técnicos e de graduação brasileiros em que existem disciplinas de controle, a parte prática fica restrita a simulações. Alguns centros mais desenvolvidos utilizam sistemas importados extremamente caros e, portanto, inacessíveis para a maioria das escolas. Outros, poucos, vêm buscando desenvolver seus próprios sistemas (Bruciapaglia, & Coelho, 1996; Caon, 1999; Fleury, et. al., 1998; Lambert-Torres, et.al, 1996; Simas, et. al., 1998). O projeto apresentado neste artigo é parte do esforço de professores do Grupo de Controle de Processos Industriais do Departamento de Engenharia Eletrônica da UFMG para resolver este importante problema didático da área (Caldeira, et. al.,1997; Nogueira et. al., 1998; Pena, et. al., 1998).

O sistema descrito neste artigo permite ao usuário identificar a planta, uma vez que o sistema provê a possibilidade de se abrir a malha após o controlador. Dessa forma, pode-se aplicar qualquer sinal de entrada na planta e

[1] Professor Titular, Ph. D. em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Eletrônica da UFMG, C.P. 209, CEP 30161 - 970, Belo Horizonte, MG. Fone: (31) 499 - 4848, Fax: (31) 499 - 4850. E-mail: rpena@cpdee.ufmg.br

[2] Professor Adjunto IV, Dr. Ing. em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Eletrônica da UFMG, C.P. 209, CEP 30161 - 970, Belo Horizonte, MG, Fone: (31) 499 - 5482, Fax: (31) 499 - 5480. E-mail: porfirio@cpdee.ufmg.br

[3] Engenheiro Eletricista, EMBRAER. E-mail: fabricio@cpdee.ufmg.br

[4] Engenheiro Eletricista, ATAN Sistema de Automação e Otimização Ltda, Rua Pernambuco 353, CEP 30130 - 150, Belo Horizonte, MG. Fone: (31) 261 - 8888, Fax: (31) 261 - 8900. E-mail: kleber@atan.com.br

medir sua resposta. Neste artigo é mostrada a identificação usando a resposta ao degrau. Outros métodos de identificação já foram também usados (Mendes et al., 1998). Além da identificação, o usuário pode projetar o controlador e sintonizá-lo. O circuito de um controlador analógico foi implementado, ficando os três parâmetros para serem ajustados pelo usuário. Controladores PID digitais, disponíveis no laboratório podem ser acoplados ao sistema. Os testes do sistema em malha fechada, mostrados neste artigo utilizam um controlador digital de temperatura de fabricação Watlow. A descrição completa do sistema encontra-se em relatório técnico (Nogueira et al., 1997)

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Diagrama de Blocos

O diagrama de blocos do sistema está mostrado na figura 1.

A referência de temperatura, Tsp, possui um ganho de 0,1 V/°C. A saída do PID, 0 – 10 V, é convertida em um ângulo de disparo, θ(t), 0 – 180°, para os tiristores e estes determinam a potência elétrica, P(t), entregue à torneira. O ganho do sensor de temperatura é de 0,1 V/°C.

Placa de Disparo dos Tiristores

A placa, cujo circuito é mostrado na figura 2, tem por objetivo acionar dois tiristores de potência conectados em anti-paralelo, que controlam a potência entregue à torneira elétrica, como mostrado na figura 3.

O controle do ângulo de disparo é feito pelo circuito integrado TCA785, que fornece 2 pulsos de largura ajustável, sincronizados com a rede elétrica e defasados entre si de 180°.

A tensão de controle, vinda do controlador, determina o ângulo de disparo dos tiristores, entre 0° e 180°. Os pulsos de saída do TCA 785 são enviados para um oscilador astável, que gera um trem de pulsos de alta freqüência para ser aplicado aos tiristores, durante todo o tempo em que os mesmos devem permanecer em condução.

O isolamento elétrico entre o circuito de comando e o circuito de potência é feito por um estágio amplificador e transformador de pulso.

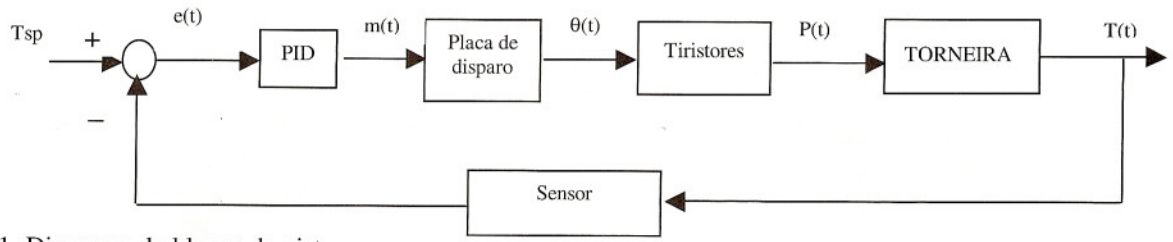


Figura 1. Diagrama de blocos do sistema

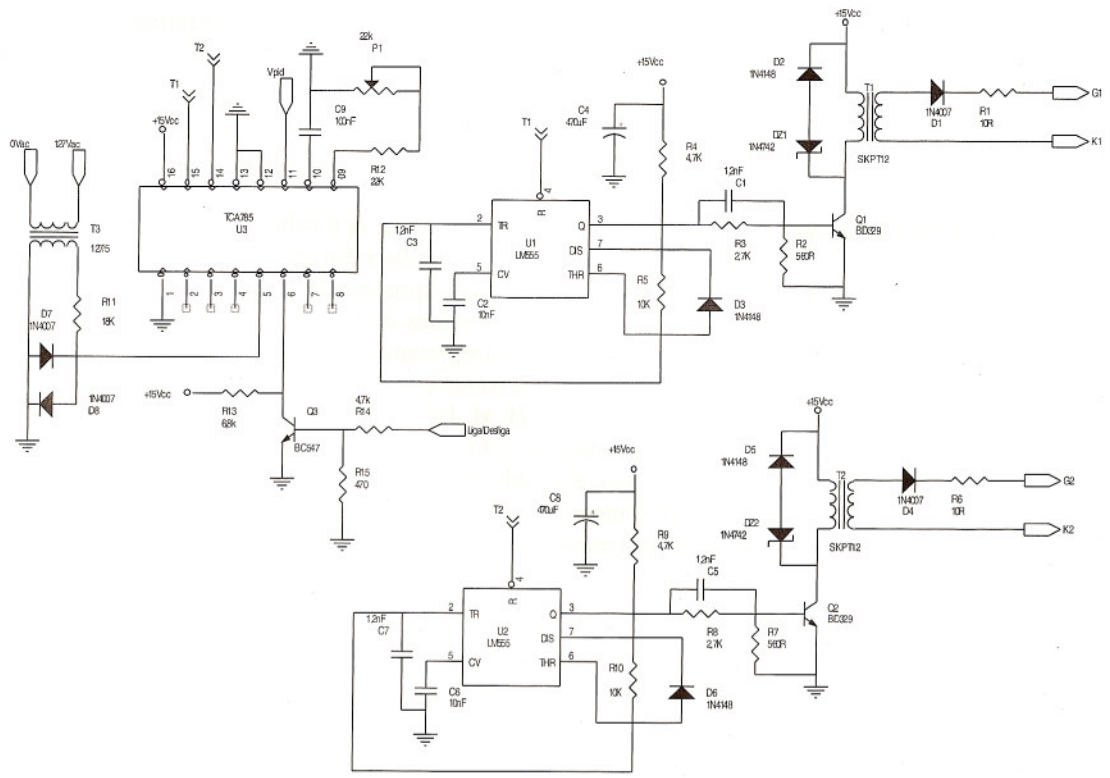


Figura 2. Circuito da placa de disparo de tiristores

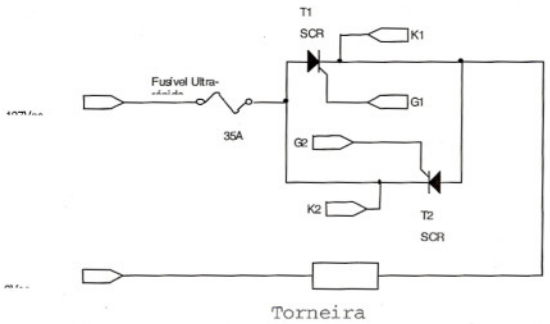


Figura 3. Circuito de potência

No circuito montado, uma tensão de controle de 0V significa um ângulo de disparo de 0°, máxima potência, e uma tensão de controle de 10V significa ângulo de disparo de 180°, potência nula.

Sensor de Temperatura

A tensão base-emissor num transistor bipolar, na configuração emissor-comum, varia linearmente com a temperatura. Esta propriedade é usada no circuito do sensor de temperatura, mostrado na figura 4.

Os potenciômetros R7 e R8 são ajustados de forma que a saída do circuito do sensor será 0V para a temperatura de 0 °C e 10V para a temperatura de 100 °C. Após a calibração, a linearidade do sensor foi demonstrada experimentalmente.

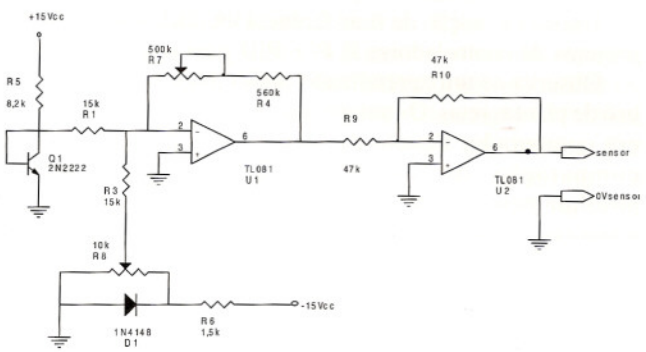


Figura 4. Circuito do sensor de temperatura

Controlador

A figura 5 mostra o circuito que implementa o controlador PID analógico. Da análise deste circuito obtém-se as equações (1), (2) e (3), que mostram como os potenciômetros, RVp, RVi e RVd ajustam os ganhos proporcional, integral e derivativo, respectivamente.

$$Kp = \frac{RVp + R13}{R10} \quad (1)$$

$$Ti = (RVi + R9).C2 \quad (2)$$

$$Td = (RVd + R6).C1 \quad (3)$$

MODELAGEM DO PROCESSO E PROJETO DO CONTROLADOR

A planta é não linear. Seu comportamento no aquecimento é mais lento que no resfriamento. Para efeito demonstrativo, neste artigo, a modelagem foi feita a partir da resposta a um degrau de resfriamento, conforme mostra a figura 6.

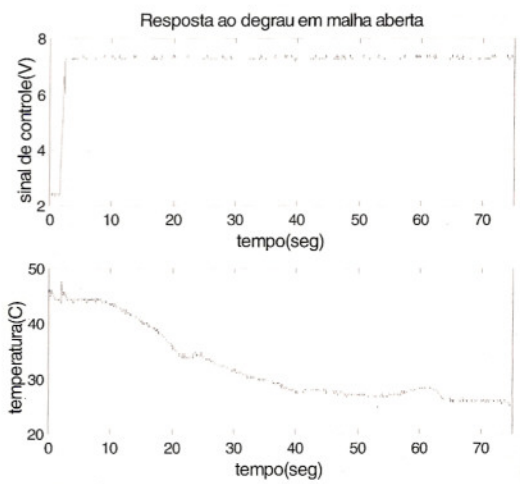


Figura 6. Resposta ao degrau em malha aberta

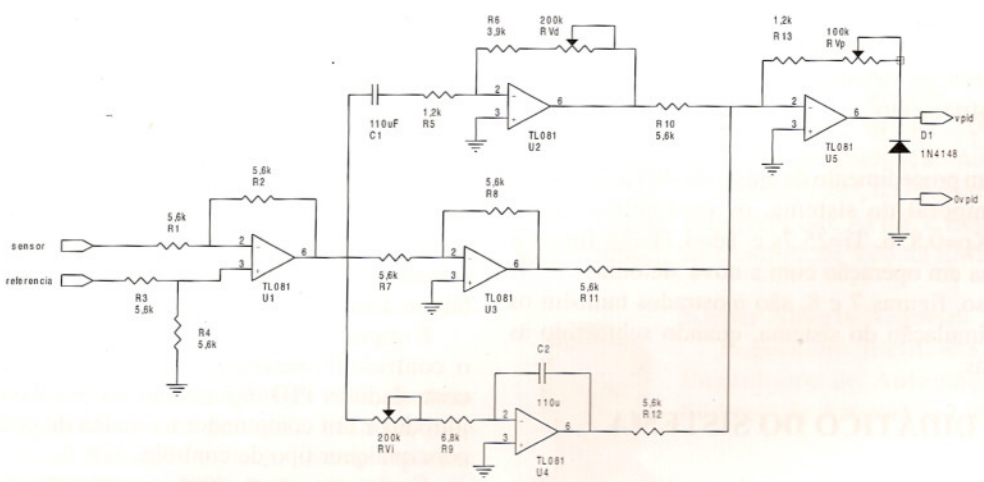


Figura 5. Circuito do controlador PID analógico

O sistema é muito sensível a variações na vazão de água da torneira. A válvula da torneira não tem precisão e está ligada na rede de abastecimento do prédio que, a todo o tempo, sofre influência de descargas sanitárias etc. No trabalho de modelagem, esta dependência com a vazão de água não foi levada em conta.

O modelo obtido pelo método de Sundaresan, descrito em (Nicoline, 1997), é mostrado na equação (4).:

$$G(s) = 3{,}67.e^{-4{,}0s}\frac{1}{(6{,}643s+1)^2} \qquad (4)$$

No projeto do controlador, aplicando-se o método de Ziegler-Nichols (St. Clair, 1994; Torres et al., 2000; Ziegler & Nichols, 1942) para a resposta em malha aberta, obtém-se: Kp=1.65, Ti=11s e Td=7.33s, para um PID. Para um PI, a sintonia seria Kp=6, Ti=8.5s.

Neste ponto, a partir do modelo obtido, o professor pode exercitar com os alunos diferentes métodos de projeto de controladores. Neste artigo, para ilustrar, apresenta-se o comportamento do sistema para duas diferentes sintonias.

A figura 7, mostra o sistema, em operação, com os ajustes do PID obtidos pelo Método de Ziegler-Nichols.

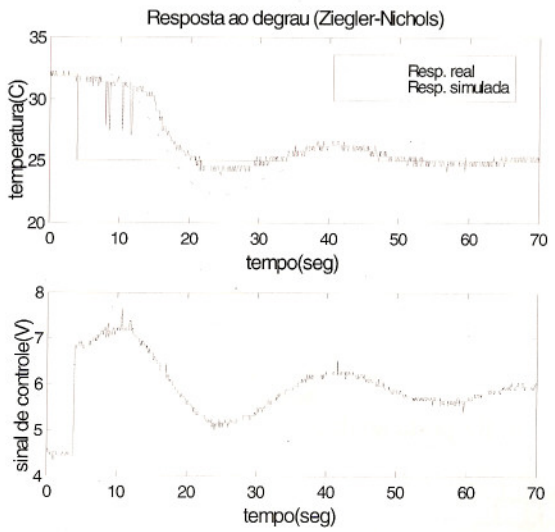


Figura 7. Resposta do sistema em malha fechada para um degrau de resfriamento

A partir de um procedimento de ajuste do PID pela análise da resposta temporal do sistema, os parâmetros foram mudados para Kp=0,856, Ti=25.7s e Td=4,71s. A figura 8 mostra o sistema em operação com a nova sintonia.

Em cada caso, figuras 7 e 8, são mostrados também os resultados da simulação do sistema, quando submetido às mesmas entradas.

USO DIDÁTICO DO SISTEMA

O sistema desenvolvido vem sendo usado na disciplina "Laboratório de Controle e Automação I", oferecida como

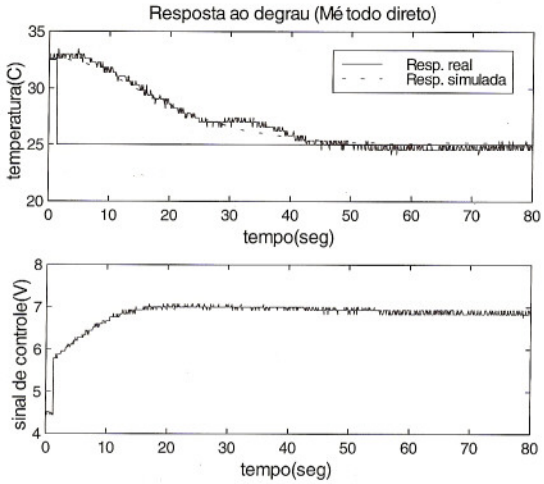


Figura 8. Resposta do sistema em malha fechada para um degrau de resfriamento

obrigatória para o curso de Engenharia de Controle e Automação e como optativa para o curso de Engenharia Elétrica da UFMG.

Numa fase inicial é feita a calibração do sensor de temperatura. Em seguida, os alunos realizam a identificação da planta. Podem ser obtidas curvas de resposta ao degrau, como mostrado neste artigo, ou a outras entradas, como um pulso, por exemplo. A resposta ao pulso pode ser usada para modelagem pela resposta em freqüência, no Diagrama de Bode (Mendes et al, 1998).

Usando a função de transferência identificada, são feitos projetos de controladores P, PI e PID para o sistema.

Observa-se um aprendizado muito mais eficiente com o uso de plantas reais. Os autores consideram que as simulações em computador devem ser usadas na fase de projeto e comparação de controladores mas não podem, absolutamente, substituir o contato dos alunos com os sistemas reais. As duas atividades, simulação e uso de sistemas reais, são complementares e devem ser utilizadas conjuntamente no processo didático.

CONCLUSÃO

O sistema descrito neste artigo vem sendo usado com sucesso no Laboratório de Ensino de Controle e Instrumentação do Departamento de Engenharia Eletrônica da EEUFMG. Ele tem baixo custo e é bastante robusto.

Por ser um processo lento e fácil de perturbar pela alteração da abertura da torneira, os estudantes tiram grande proveito do seu uso no laboratório. Normalmente, cada turma realiza a identificação da planta e, depois, projeta e ajusta o controlador PID analógico, implementado na montagem, e também um controlador PID digital, disponível no laboratório.

É importante ressaltar que, facilmente, pode-se substituir o controlador analógico implementado no sistema por controladores PID digitais industriais clássicos, ou mesmo introduzir um computador na malha de controle e trabalhar com qualquer tipo de controle.

Como este artigo objetiva apenas descrever o sistema e sua potencialidade no ensino prático de Engenharia de

Controle, a modelagem apresentada buscou uma função de transferência simples. Dessa forma, foi adotada uma vazão de água média constante, não se levando em conta as perturbações. Entretanto, projetos de controladores mais avançados como, por exemplo, Controladores Robustos ou Adaptativos podem também ser implementados no sistema. Neste caso, a dependência da temperatura com a vazão de água torna-se a característica mais importante a ser explorada.

Os autores ficarão satisfeitos em fornecer aos interessados todos os detalhes construtivos necessários para reproduzir o sistema de controle de temperatura de torneira elétrica, descrito neste artigo.

BIBLIOGRAFIA

BRUCIAPAGLIA, A.H.; COELHO, A.A.R. Experimentos de baixo custo para laboratório de ensino de controle e instrumentação. In: ANAIS DO XI CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, vol. 2, pp. 845-850, São Paulo, 1996.

CALDEIRA, F.R., PEREIRA, L.E.C., CARVALHO, N.L., CORTIZO, P.C., PENA, R.T. *Sistema de tanques para ensino de controle - STEC*, Relatório Técnico - LECI, DELT-UFMG, 1997.

CAON Jr., J.R *Controladores PID industriais com sintonia automática por realimentação a relé*. CPGEE – USP - São Carlos, Dissertação de Mestrado, 1999.

FLEURY, A.T., FERNANDES M.A.G., HIBI, F.I. Simulação e projeto executivo de um experimento didático de suspensão ativa. In: ANAIS DO XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, vol.2, p.437-442, Uberlândia-MG, 1998.

JOTA, F.G.; BRAGA, A.R.; POLITO, C.M.; PENA, R.T. Development of an interacting tank system for the study of advanced process control strategies. In: PROCEEDINGS OF THE 38TH. IEEE MIDWEST SYMPOSIUM ON CIRCUITS AND SYSTEMS, Rio de Janeiro, p.441-444, 1995.

LAMBERT-TORRES, G., SILVA, L.E.B., BRITO, S.G., SILVA, A.P.A., QUINTANA, V.H. Um laboratório para o ensino da lógica difusa. In: ANAIS DO XI CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, vol.2, p.869-874, 1996.

MENDES, M.A.S.; ARAÚJO, L.C.; LEITE, V.J.S.; PENA, R.T. Modelagem matemática no domínio da freqüência de uma planta real utilizando a inclusão de zeros ao final das séries temporais de entrada e saída. In: ANAIS DO III INDUSCON / IEEE- INDUSTRY APPLICATIONS SOCIETY, p.307-311, São Paulo, 1998.

NICOLINI, R.P. *Modelagem do processo de combustão e identificação de plantas de combustíveis de uma central termoelétrica real*. PPGEE-UFMG, Dissertação de Mestrado, 1997.

NOGUEIRA JR., K.A., FARIA, R.G., CORTIZO, P.C., PENA, R.T. *Controle de torneira elétrica - manual de construção e operação (versão preliminar)*. Relatório Técnico – LECI, DELT-EEUFMG, 1997.

PENA, R.T., CORTIZO, P.C., CALDEIRA, F.R., PEREIRA, L.E.C. Controle de levitação eletromagnética de uma esfera de aço: um experimento de laboratório,. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, vol.2, p.425-430, Uberlândia-MG, 1998.

SIMAS, H., BRUCIAPAGLIA, A.H., COELHO, A.A.R. Advanced control using three low cost laboratory models: experiments and design issues. In: ANAIS DO XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, vol.2, p.431-436, Uberlândia-MG, 1998.

ST. CLAIR, D. PID tuning: It's the method, not the rules. *Intech Magazine*, p.27-30, December, 1994.

TORRES, B.S., PENA, R.T., NAVES, A.H.C., ANDRÉ JR., O.S. Tuning of a pH control loop in a kaolin mining process. In: IFAC WORKSHOP ON DIGITAL CONTROL: Past, Present and Future of PID Control, p.479-483, Terrasa, Espanha, 2000.

ZIEGLER J.G., NICHOLS, N.B. Optimum settings for automatic controllers, *ASME Transactions*, p.759-768, 1942.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

Ronaldo Tadêu Pena

Engenheiro Eletricista, UFMG, 1970; Mestre em Engenharia Biomédica, COPPE-UFRJ, 1973; Ph. D. em Engenharia Elétrica, The University of Texas at Austin, USA, 1983. Professor Titular do Departamento de Engenharia Eletrônica da UFMG. Dirigiu a Escola de Engenharia da UFMG, 1990-1994. É Pró-Reitor de Planejamento e Desenvolvimento da UFMG. Atua na área de Controle de Processos Industriais. É professor de disciplinas práticas e teóricas na área de Controle de Sistemas Lineares.

Porfírio Cabaleiro Cortizo

Eng. Eletricista, UFMG, 1978; Docteur Ingénièur em Engenharia Elétrica pelo Institut National Polytechnique de Toulouse (INPT), França, 1984. Professor Adjunto IV do Departamento de Engenharia Eletrônica da UFMG. Atua na área de Eletrônica de Potência, lecionando disciplinas teóricas e práticas.

Fabrício Reis Caldeira

Eng. Eletr., UFMG, 2000. Fez um ano do curso de graduação no INP-Toulouse, França, em 1999, no Programa de Graduação Sanduíche da CAPES, É Engenheiro do Setor de Controle de Vôo da EMBRAER.

Kleber Alberto Nogueira Júnior

Engenheiro Eletricista, UFMG, 1998. Engenheiro de Automação da ATAN - Sistemas de Automação Ltda.

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