

REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

ISSN 0101 ■ 5001
REV. ENSINO ENG., São Paulo

VOL. 2 - Nº 1
2º SEMESTRE - 1982

N. Cham.
Título: Revista de Ensino de Engenharia.
Autor:



00376871

v.2, n.1, jul. 1982 PUCPR - BC

ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE
ENSINO DE
ENGENHARIA



REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

Publicada por ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO DE ENGENHARIA — ABENGE.
Viaduto Da. Paulina, 80 — 19º andar. 01501 S. PAULO, SP
Telefone (011) 37-5300.

Diretoria da ABENGE:

Presidente — Prof. Ruy Carlos de Camargo Vieira
1º Vice-Presidente — Prof. Paulo Alcântara Gomes
2º Vice-Presidente — Prof. Francisco Luiz Danna
Secretário — Prof. Marcius F. Giorgetti
Tesoureiro — Prof. Enildo Baptista Barros
Secretário executivo — Prof. Roberto Atienza

Conteúdo

A Revista de Ensino de Engenharia é editada em períodos semestrais com 4 seções: Forum ABENGE, Artigos, Comunicações e Cartas à redação.

Distribuição: A Revista é enviada a todos os associados da ABENGE. Outros interessados podem recebê-la no sistema de assinatura ou de números avulsos.

Assinatura: 2 números anuais Cr\$ 1.500,00 (US\$ 12.00).

Números avulsos: Cr\$ 1.000,00 (US\$ 8.00).

Direitos autorais: As contribuições publicadas na Revista de Ensino de Engenharia são de propriedade da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, sendo permitida a reprodução de todo ou parte dos textos desde que citada a procedência.

Organização e orientação: A orientação da Revista de Ensino de Engenharia compete à Diretoria da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia — ABENGE.

A execução das atividades administrativas e técnicas compete ao Grupo Editorial, composto do Editor Responsável: Prof. Marcius F. Giorgetti; Editor Adjunto: Prof. Giulio Massarani; Assessor Editorial: Prof. Alfredo A. Hamar.

A avaliação das contribuições para publicação na Revista é feita por integrantes do Corpo de Consultores Editoriais.

Endereço para correspondência:

Prof. Marcius F. Giorgetti, editor responsável
Escola de Engenharia de São Carlos, USP N.Cham.
Caixa Postal 359 Autor
13560 — São Carlos, SP, Brasil Título Revista de Ensino de Engenharia
Telefone (0162) 71-2234
Telex (0166) 275 USPO-BR



REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA
(Journal of Engineering Education)

Published by ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO DE ENGENHARIA — ABENGE
(BRAZILIAN ASSOCIATION OF ENGINEERING EDUCATION). Viaduto Da. Paulina,
80 — 19º andar. — 01501 — S. Paulo, SP, Brazil.

Board of directors of ABENGE:

President — Prof. Ruy Carlos de Camargo Vieira
1st Vice-President — Prof. Paulo Alcântara Gomes
2nd Vice-President — Prof. Francisco Luiz Danna
Secretary — Prof. Marcius F. Giorgetti
Treasurer — Prof. Enildo Baptista Barros
Executive secretary — Prof. Roberto Atienza

Contents

The Journal of Engineering Education is edited each semester, containing 4 sections: Forum ABENGE, Articles, Communications and Letters to publisher.

Distribution: The Journal is distributed free of charge to all professors associated to ABENGE. Other persons or institutions could receive through subscription or acquisition of issues.

Subscription: 2 (two) issues Cr\$ 1.500,00 (US\$ 12.00)

Issues: Cr\$ 1.000,00 (US\$ 8.00).

Copyright: The contributions published in Journal of Engineering Education are property of Brazilian Association of Engineering Education and it is permitted to reproduce or transmit parts or all the articles, with mention of the source: Journal of Engineering Education.

Organization and orientation: The orientation of Journal of Engineering Education is of responsibility of the Directory of Brazilian Association of Engineering Education — ABENGE. The execution of technical and administrative activities are of responsibility of Editorial Group which is composed by: Main-editor Prof. Marcius F. Giorgetti, Adjunct-editor Prof. Giulio Massarani, Adviser-editor Prof. Alfredo A. Hamar.

The evaluation of contributions to be published in Journal of Engineering Education is performed by the Group of Editorial Consultants.

Address for correspondence

Prof. Marcius F. Giorgetti, main-editor
S. Carlos Engineering School, USP
Post office box 359
13560 — S. Carlos, SP, Brazil
Telephone (0162) 71-2234
Telex (0166) 275 USPO-BR

REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA
Associação Brasileira de Ensino de Engenharia
vol. 2, nº 1, 2º semestre de 1982

ÍNDICE

Apresentação.....	1
Nota editorial.....	3
Forum ABENGE	
O ensino da matemática nos cursos de engenharia.....	5
Artigos	
Sarkis, Paulo Jorge & Sarkis, Lucy Martins. Determinação e análise de peças de concreto armado para demonstração de mecanismos de funcionamento e ruptura.....	17
Mass, B.J. O galvanômetro com ponte retificadora — uma ênfase didática.....	25
Gubulin, J.C., Freire, J.T. & Tobinaga, S. Célula a diafragma poroso para a determinação do coeficiente de difusão.....	35
Fischer, Tania & Calôba, Luiz P. Curso de metodologia do ensino de engenharia: uma experiência em desenvolvimento.....	43
Comunicações	
Brunello, Giovanni, Giorgetti, Marcius F. & Gasparetto, Carlos Alberto. Recomendações sobre o ensino da matéria “Fenômenos de Transporte”.....	49
Cimblaris, B. Uma proposta de reformulação da Termodinâmica aplicada e Ciências afins.....	55
Heinisch, Maria Irene Guimarães. Estágio supervisionado na UCMG — Campus de Coronel Fabriciano: uma experiência em evolução.....	57
Cordeiro, João Sergio. O ensino de “Fenômenos de Transporte” na engenharia civil.....	63
Fantini, Tânia Lúcia Morato. O desenvolvimento das habilidades comportamentais do estudante de engenharia: uma experiência e uma proposta de trabalho para o curso de engenharia da UFMG.....	67
Orientação aos autores e colaboradores da Revista de Ensino de Engenharia.....	71

REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA
(Journal of Engineering Education)
Associação Brasileira de Ensino de Engenharia
(Brazilian Association of Engineering Education)
vol. 2, n. 1, 2nd. semester of 1982

CONTENTS

Presentation	1
Editorial comment	3
Forum ABENGE	
Teaching of mathematics in engineering courses	5
Articles	
Sarkis, Paulo Jorge & Sarkis, Lucy Martins. Reinforced concrete component analysis and design to demonstrate crack and mechanisms	17
Mass, B.J. The galvanometer with rectifying bridge — a didactical emphasis	25
Gubulin, J.C., Freire, J.T. & Tobinaga, S. Porous diaphragm cell to determine the diffusion coefficient	35
Fischer, Tania & Calôba, Luiz P. Course of teaching methodology in engineering: an experiment	43
Communications	
Brunello, Giovanni, Giorgetti, Marcius F. & Gasparetto, Carlos Alberto. Recommendation for teaching "Transport phenomena"	49
Cimbliris, B. A proposal for the reformulation of applied thermodynamics and connected sciences	55
Heinisch, Maria Irene Guimarães. Supervised training at the Catholic University of Minas Gerais (UCMG), at Coronel Fabriciano's Campus: an experience in evolution	57
Cordeiro, João Sergio. Teaching of "Transport phenomena" in civil engineering courses	63
Fantini, Tânia Lúcia Morato. The development of behavioral abilities of the engineering student: one experience and one work proposition for engineering courses of UFMG	67
Orientation to authors and collaborators of Journal of Engineering Education	71

APRESENTAÇÃO

A Associação Brasileira de Ensino de Engenharia-ABENGE há cerca de dois anos decidiu iniciar a publicação de uma Revista que divulgasse temas de interesse relativos ao ensino de Engenharia, propiciando desta forma maior intercâmbio de experiências entre os docentes de Engenharia do País.

Após a realização dos Congressos de Ensino de Engenharia promovidos pela ABENGE em 1979 e 1980, foram publicados, em uma primeira tentativa, dois números da Revista da ABENGE apresentando contribuições recebidas para os próprios Congressos. Para a publicação desses dois números foi decisiva a colaboração então prestada por duas instituições de ensino de Engenharia — a Faculdade de Engenharia São Paulo e o Instituto de Ensino de Engenharia Paulista de Ensino Renovado Objetivo — que se encarregaram da edição da Revista em todos os seus detalhes.

Logo após o Congresso da ABENGE em 1981 estudou-se a conveniência e a oportunidade de continuar publicando a Revista da ABENGE com as contribuições recebidas para o Congresso. Decidiu-se então continuar a publicação da Revista de Ensino de Engenharia, semestralmente, obedecendo a normas que a pudessem qualificar como um veículo de divulgação de alto nível no âmbito do ensino de Engenharia.

A partir da publicação deste número da Revista, será constituído o seu Corpo de Consultores Editoriais, ao qual caberá a grande responsabilidade de conduzi-la aos seus elevados destinos.

Para a publicação deste número a ABENGE continuou a contar com o apoio das instituições de ensino de Engenharia, através de importante doativo do Instituto Superior de Educação Santa Cecília, de Santos. A Revista passou também a contar com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico — CNPq, através da sua Coordenação Editorial, que concedeu auxílio específico para a publicação deste e de mais um número.

A ABENGE espera que esta sua iniciativa possa em pouco tempo consolidar-se, de tal forma a não só tornar-se auto-suficiente, como também constituir-se em importante veículo de integração dos docentes de Engenharia no País.

S. Paulo, setembro de 1982

A Diretoria da ABENGE

NOTA EDITORIAL

A Revista de Ensino de Engenharia passará, a partir deste número, a chegar semestralmente às mãos dos associados da ABENGE e assinantes. Além disso, há algumas inovações estruturais, ainda não totalmente implementadas neste número, mas já iniciadas. Estão definidas quatro seções permanentes, quais sejam,

a) **Forum ABENGE**, que consiste de depoimentos, análises, debates sobre problemas específicos de relevância e atualidade no ensino de engenharia, a critério da Diretoria da ABENGE.

b) **Artigos**, que correspondem a trabalhos originais ou divulgados previamente de forma restrita, abordando aspectos educacionais, científicos, tecnológicos, políticos, administrativos no campo do ensino de engenharia.

c) **Comunicações**, que são trabalhos de texto extenso sob forma de relato, contendo informações de caráter educacional, científico, tecnológico, político, administrativo, no campo do ensino de engenharia, relacionados com eventos ou atividades de grupo, ou expressando opiniões, diretrizes, normas, etc.

d) **Cartas à redação**, que compreendem comunicações curtas, comentários, críticas, sugestões sobre matéria publicada pela Revista ou outros assuntos correlatos.

Quase todos os artigos e comunicações deste número originaram-se de contribuições ao III Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia realizado em 1981, e foram selecionados pelo Grupo Editorial da Revista. De agora em diante, espera-se uma maior participação de nossa comunidade, através do envio de contribuições diretamente para a redação. O Corpo de Consultores Editoriais, cuja composição está em processo, será encarregado da avaliação e seleção do material a ser publicado a partir do próximo número.

O prezado colega docente que deseje enviar contribuições, encontrará neste número a completa "Orientação aos Autores e Colaboradores da Revista de Ensino de Engenharia". Faça da Revista seu veículo de divulgação das novas propostas visando o aprimoramento do binômio ensino/aprendizagem na Engenharia.

Marcus F. Giorgetti
Editor Responsável

Forum ABENGE

O ENSINO DA MATEMÁTICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA

1. INTRODUÇÃO

A idéia do “Forum ABENGE” nasceu durante o Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia realizado em 1981, e agora se concretiza nesta primeira experiência versando sobre o tema “O Ensino da Matemática nos Cursos de Engenharia”.

Naquela ocasião sugeriu-se que a Revista de Ensino de Engenharia deveria conter uma seção permanente, com características de um verdadeiro Forum, que estimulasse e acolhesse debates tendo como foco problemas do ensino de Engenharia.

Época favorável para o encontro de especialistas e o debate de idéias é necessariamente a da realização dos Congressos de Ensino de Engenharia, agora denominados de forma genérica COBENGE, estando o próximo marcado para outubro de 1982. Não obstante esperar-se colher no COBENGE/82 excelente material para esta seção nos próximos números da Revista, neste número o primeiro Forum teve que ser elaborado a partir de contactos estabelecidos por correspondência. Por esta razão apresenta-se este Forum não tão completo quanto seria desejável ou esperado. De fato, das quinze pessoas consultadas, apenas cinco responderam em tempo hábil. Contudo, embora pequeno o volume das respostas, o mesmo não se pode dizer da qualidade e profundidade das colaborações assim recebidas.

A seguir é feita a colocação do problema objeto deste Forum, e são transcritas as respostas recebidas. Deseja-se manter, assim, este Forum permanentemente aberto, o debate aceso e o problema vivo para as abordagens que se mostrarem interessantes, durante o COBENGE/82, ou através da seção “Cartas à redação” desta Revista.

2. COLOCAÇÃO DO PROBLEMA

Os colaboradores convidados receberam o seguinte material:

2.1 Ofício datado de 6 abril de 1982

Os termos desse ofício são os seguintes:

“Prezado Senhor,

O Grupo Editorial da Revista de Ensino de Engenharia está encaminhando o material em anexo a V. Sa. com o objetivo de solicitar sua colaboração, como participante do Forum ABENGE sobre o tema “O ENSINO DA MATEMÁTICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA”, matéria que deverá ser publicada no próximo número da Revista, cuja publicação está prevista para os fins do 1º semestre de 1982.

Correspondência idêntica está sendo enviada para outros 14 profissionais em pontos diferentes do país; foram escolhidos professores e “consumidores” de Matemática. Os primeiros, ligados a entidades de ensino oficial e particulares; os segundos, professores de matérias aplicadas em cursos de engenharia e/ou profissionais e empresários ligados à engenharia nacional.

Em primeiro lugar, V. Sa. encontrará “Orientação aos Autores e Colaboradores da Revista de Engenharia”, onde os objetivos da revista, em particular os do Forum ABENGE estão definidos. No caso do primeiro Forum a coleta de opiniões está sendo feita por correspondência; a matéria que será publicada será composta e redigida pelo Grupo Editorial. Esta primeira abordagem não

exclui a continuidade do intercâmbio de idéias e debates, previstos para uma mesa redonda a realizar-se durante o Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia em outubro deste ano.

Como sugestão para uma análise preliminar propõe-se uma avaliação da matéria "Recomendações Referentes à Estrutura Curricular — Matemática", publicada pelo MEC no documento "Curso de Engenharia, Autorização, Reconhecimento e Funcionamento", publicado em 1977, cópia em anexo.

Seria desejável uma avaliação quanto à proposta curricular e quanto aos objetivos do ensino da Matemática nos cursos de Engenharia, definidos no último item do documento.

Em uma reunião preliminar com professores do Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos foram levantados alguns pontos que poderão ser úteis na análise solicitada a V. Sa.; esse material é também incluído em anexo.

Tanto o documento básico como os itens acima mencionados são apenas sugestões e não condições de contorno; por favor, sintase à vontade para levantar e discutir outros pontos que julgar de relevância.

Sem mais, agradecendo antecipadamente a preciosa colaboração de V. Sa., apresentamos cordiais saudações firmando

Atenciosamente

Ass. Prof. Marcius F. Giorgetti
Diretor Secretário da ABENGE

2.2 Recomendações Referentes à Estrutura Curricular — Matemática publicada no documento "Curso de Engenharia, Autorização, Reconhecimento e Funcionamento", 1977

"Recomendações referentes à estrutura curricular"

Tendo em vista que a estrutura curricular reveste-se de grande importância para proporcionar um ensino adequado às características desejadas para o futuro profissional, às peculiaridades regionais, ao atendimento das tendências existentes no ensino da Engenharia, e às situações conjunturais, várias recomendações são feitas a seu respeito, considerando de maneira especial as inovações decorrentes do novo currículo mínimo estabelecido pela Resolução 48/76 do Conselho Federal de Educação.

Essas recomendações, elaboradas por comissões especiais reunidas sob os auspícios do DAU, cobrem inicialmente as matérias de formação básica Matemática, Física, Mecânica, Eletricidade, Química, Processamento de Dados e Desenho, e em seguida as matérias de formação geral Humanidades e Ciências Sociais do Ambiente. São também cobertos os tópicos relativos a Normalização e Segurança que devem ser considerados nas matérias de formação profissional.

Como não deveria deixar de ser, dada a interrelação das matérias entre si, há certo grau de superposição entre as recomendações preconizadas, o que deve ser levado em conta na estruturação dos currículos plenos.

As referências feitas aos desdobramentos das matérias em disciplinas, e às indicações de cargas horárias, devem ser entendidas como opinião das respectivas comissões especiais que elaboraram os vários documentos, constituindo recomendações, sem dúvida de grande valor, mas que devem ser analisadas pelas instituições de ensino dentro das peculiaridades locais existentes, e das ênfases que se deseje imprimir às habilitações ministradas, de molde a se aproveitar a flexibilidade proporcionada pelo currículo mínimo, procurando-se sempre encontrar a "vocação" de cada instituição.

Deve ser ressaltado que os documentos apresentados neste item guardam ao máximo a forma original em que foram redigidos, motivo pelo qual deixa de existir uma normalização absoluta em sua apresentação.

Dada a natureza das diferentes matérias e tópicos abordados, em alguns casos as comissões especiais preferiram entrar em maiores detalhes, enquanto que em outros foram considerados apenas aspectos mais genéricos.

Propositadamente foram consideradas apenas as matérias de formação básica e de formação geral, pela sua característica de serem obrigatórias a todas as habilitações do curso de Engenharia. No âmbito das matérias profissionais foram somente considerados os tópicos relativos à normalização e segurança, cuja inclusão também é obrigatória em todas as habilitações.

Julgou-se que, para as matérias de formação profissional, seriam adequadas apenas as recomendações que são apresentadas no item 4, referentes às atividades práticas que passaram a ser obrigatórias com a vigência do novo currículo mínimo. Por outro lado, nas matérias de formação básica, julgou-se não ser oportuno a apresentação de recomendações específicas referentes às atividades práticas, a não ser em casos muito especiais.

Nos itens seguintes apresentam-se as recomendações referentes à estrutura curricular.

Matérias de Formação Básica

São consideradas a seguir todas as matérias básicas do curso de Engenharia, com exceção de Resistência dos Materiais e de Fenômenos de Transporte. Estas últimas serão objeto de estudo à parte que oportunamente deverá ser divulgado pelo DAU.

Matemática

O Departamento de Assuntos Universitários solicitou ao Professor GUILHERME DE LA PENHA, da UFRJ, que elaborasse uma versão atualizada de seu trabalho intitulado "Recomendações sobre o Programa de Matemática em nível de graduação para Engenheiros", para servir de subsídio aos estudos que vinham sendo efetuados pela Comissão de Especialistas de Ensino de Engenharia, em face da reformulação dos currículos mínimos do curso de Engenharia.

O documento básico então preparado pelo Professor GUILHERME DE LA PENHA foi examinado por uma comissão especial, que finalmente expressou sua opinião a respeito do assunto de forma sintética, recomendando fortemente que as instituições de ensino de Engenharia procurem seguir as linhas preconizadas no Relatório anexo. A comissão especial foi composta pelos professores:

KLEBER CRUZ MARQUES, da UFPB,
LOLITA DANTAS, da UFBa,
LOURDES DE LA ROSA ONUCHIC, da EESC/USP,
RADIWAL DA SILVA ALVES PEREIRA, da UFRJ,
SÉRGIO LORENZATO, da UNICAMP,
UBIRATAN D'AMBROZIO, da UICAMP, e
WALDYR MUNIZ OLIVA, da USP.

Recomendações sobre a matéria Matemática do currículo mínimo do curso de engenharia

I — Introdução

A Resolução 48/76, de 27.04.76, do Conselho Federal de Educação, que fixou os mínimos de conteúdo e duração do curso de graduação em engenharia, estabeleceu, em seu anexo, a seguinte ementa para a matemática no item *Matéria de formação básica*: Cálculo Vetorial. Cálculo Diferencial e Integral. Geometria Analítica. Álgebra Linear. Cálculo Numérico. Probabilidade e Estatística.

No presente documento tecem-se algumas considerações sobre essa ementa, sugerindo-se um elenco de disciplinas que permitem atender aos dispositivos da Resolução supra citada.

Apresentam-se algumas recomendações que possibilitarão aos Departamentos de Matemática estruturar o programa das disciplinas sob sua responsabilidade, obedecendo às condições oferecidas pelas instituições.

Como, obviamente, nenhum programa pode ter caráter universal, seja em relação ao aluno, seja em relação à instituição, é importante que estas recomendações sejam entendidas como um guia para que o programa seja estruturado adequadamente.

Chama-se especial atenção para os tópicos mencionados em cada disciplina, que representam metas mínimas a serem atingidas no decorrer do curso. São tópicos de fundamental importância para os engenheiros e não deverão deixar de ser abordados, qualquer que seja a estrutura curricular adotada.

Do mesmo modo, recomenda-se um mínimo de horas para cada disciplina, mínimo este sugerido em função da experiência acumulada em várias escolas de engenharia do país, a fim de que se atinjam as metas anteriormente mencionadas. A flexibilidade na fixação do número de horas de cada disciplina, pelas diversas instituições, permitirá atender às suas condições sem prejuízo de se atingirem aquelas metas.

O crescente caráter de sofisticação das várias especialidades de engenharia demanda um nível cada vez mais elevado de matemática como base para os estudos das matérias de aplicação. As

metas mínimas sugeridas permitem também o oferecimento posterior de outras disciplinas matemáticas, capazes de responder às solicitações dos vários departamentos profissionais, no tocante à necessidade de instrumental matemático mais avançado e sofisticado. Naturalmente, tal necessidade decorrerá de vários fatores inerentes à instituição e às habilidades oferecidas no curso de engenharia. Com esse espírito mencionam-se algumas disciplinas de caráter complementar que, certamente, enriquecerão o preparo matemático do futuro engenheiro.

II – Disciplinas sugeridas

a) Disciplinas básicas

i) Cálculo Diferencial e Integral

O conjunto de disciplinas correspondentes a Cálculo Diferencial e Integral deverá preferencialmente ser ministrado em quatro períodos letivos semestrais consecutivos, recomendando-se um total mínimo de 240 horas de aulas.

O conteúdo geral de tal conjunto é o usual de um curso de Cálculo Diferencial e Integral e Equações Diferenciais. Há diversas maneiras de se estruturar este curso em função do rigor, da motivação, da distribuição de tópicos, etc., existindo no mercado livros textos que adotam diferentes pontos de vista. Cálculo de várias variáveis, incluindo integrais curvilíneas e aplicações, séries numéricas e de funções e elementos de equações diferenciais ordinárias devem constar, obrigatoriamente, dos programas.

ii) Cálculo Vetorial e Geometria Analítica

Nesta disciplina visa-se ensinar o Cálculo Matricial, o Cálculo Vetorial Clássico e a Geometria Analítica em duas e três dimensões, incluindo-se, obrigatoriamente, um estudo das cônicas.

Recomenda-se que esta disciplina seja ministrada num mínimo de 60 horas.

iii) Álgebra Linear

Esta disciplina deve abranger um tratamento de espaços vetoriais incluindo, obrigatoriamente, o estudo dos espaços vetoriais reais n-dimensionais.

Um estudo de transformações lineares, valores e vetores próprios e formas quadráticas deverá constar, necessariamente, do programa desta disciplina.

A carga horária mínima recomendada é de 60 horas.

iv) Cálculo Numérico

Este curso constará de duas disciplinas: "Introdução à Ciência da Computação" e "Cálculo Numérico", dadas em dois semestres letivos, a primeira precedendo e visando a segunda. Recomenda-se para cada uma delas a carga horária mínima de 60 horas.

Introdução à Ciência da Computação

O desenvolvimento dos computadores tornou necessário aos usuários da matemática reconhecer a sequência matemática que chega até aos resultados numéricos, através da programação lógica. Esta disciplina deve dar uma compreensão da posição do computador ao longo dessa sequência, a maneira de sua utilização, suas capacidades e limitações. Deve, também, prover o estudante das técnicas básicas necessárias para que o uso do computador colabore na solução de problemas de outras disciplinas.

Cálculo Numérico

Esta disciplina compreende uma introdução à solução de problemas matemáticos por meio de computação envolvendo tanto métodos finitos quanto iterativos e algum estudo de análise de erros. O método de algoritmos deve ser enfatizado e os problemas devem ser programados e rodados em um computador.

v) Probabilidade e Estatística

Para atender a este tópico deverá ser ministrada a disciplina Introdução à Probabilidade e Estatística, cujo objetivo é fornecer idéias básicas do método estatístico com aplicações de suas principais técnicas. Também neste caso, recomenda-se como carga horária o mínimo de 60 horas.

b) Disciplinas complementares

Além das disciplinas básicas relacionadas em (a), é conveniente que, dependendo de condições específicas da instituição e da habilitação escolhida, e em harmonia com o currículo pleno, algumas disciplinas complementares sejam oferecidas. Não se entra em detalhes relativos à cada uma,

pois sua estruturação dependerá fortemente dos fatores que determinarem sua inclusão no currículo, e que, conseqüentemente, definirão o perfil de sua programação.

Entre as disciplinas complementares mencionam-se:

Funções de variável complexa;
Métodos de matemática aplicada;
Equações diferenciais parciais;
Otimização;
Estabilidade de equações diferenciais;
Teoria dos grafos;
Programação;
Cálculo tensorial;
Álgebra de Boole.

III – Conclusão

Concluindo, enfatiza-se que a flexibilidade na elaboração dos programas deve obedecer a uma visão global do currículo pleno e que o ensino de matemática, nos cursos de engenharia, além de contribuir para a formação intelectual do futuro engenheiro, tem como objetivo dar-lhe um instrumental adequado para sua formação profissional e bom desempenho de funções específicas à sua carreira".

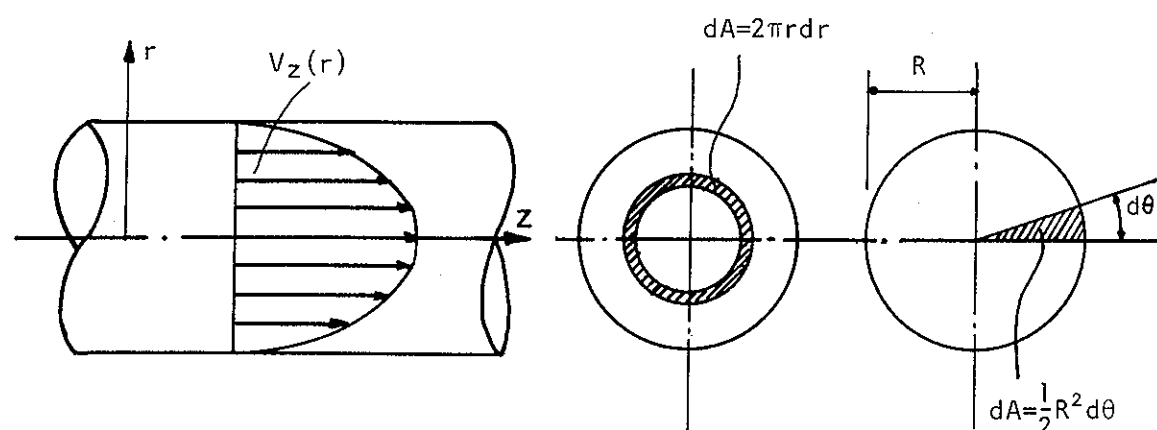
2.3 O Ensino da Matemática nos Cursos de Engenharia

Sugestões de itens para análise e discussão

1. Objetivos das Escolas de Engenharia: ensino de massa ou de qualidade. Os objetivos dos cursos de Matemática para os futuros engenheiros devem ou não ficar condicionados aos objetivos das escolas de engenharia?
2. Os cursos de Matemática devem visar a formação intelectual do futuro engenheiro ou equipá-lo com uma bagagem instrumental eficiente para a pronta utilização nas disciplinas de aplicação e na vida profissional? Se for desejável porém impossível atingirem-se os dois objetivos, qual deve ser a opção?
3. Os objetivos devem ser diferentes quando a mesma matéria básica é ensinada para estudantes de engenharia, de física e de matemática? Nesse caso, aulas (podem) (devem) ser ministradas em conjunto?
4. Quanto ao currículo, o ensino de disciplinas básicas ou das mais básicas, tem melhor rendimento com estrutura acadêmica semestral ou anual?
5. Disciplinas como Álgebra Linear devem ser lecionadas no 1º semestre? No 2º semestre? Deve ser lecionada antes de, em paralelo com, junto com ou depois de Geometria Analítica?
6. É suficiente a ênfase dada a Matemática Finita (Análise Combinatória, Probabilidade, Álgebra de Boole, Teoria dos Grafos, etc.) face ao desenvolvimento tecnológico mais recente em áreas de engenharia?
7. Uma observação levantada por professores de Mecânica dos Fluidos, Transferência de Calor e Massa, Resistência dos Materiais e outras matérias da área das Ciências dos Meios Contínuos é que os estudantes têm uma grande dificuldade em acompanhar as aplicações das leis básicas da Física e elementos diferenciais. Muitos estudantes ficam literalmente bloqueados quando o professor esboça um sistema diferencial e sobre ele trabalha com forças, fluxos de massa, fluxos de calor, por exemplo, objetivando a aplicação das leis básicas para a obtenção de formulações diferenciais. Outro exemplo de dificuldade é o da escolha de elementos diferenciais convenientes para a execução de uma operação de integração. Suponha o caso abaixo ilustrado onde se deseja integrar um perfil de velocidades, simétrico em relação ao eixo z, para obter a vazão Q através da tubulação. Os estudantes aceitam o fato de que $2\pi r dr$ pode ser usado como elemento de área dA conveniente para efetuar a integração; alguns até seriam capazes de fazer esta escolha. Muitos, entretanto, provavelmente a grande maioria, ficam atônitos e sem resposta se lhes é perguntado se o elemento $1/2 R^2 d\theta$ pode ser usado.

Esses exemplos são sintomas observados por "consumidores" de Matemática em disciplinas técnicas de engenharia. Servem para ilustrar a falta de uma ponte, ou melhor ainda, de uma aproximação em termos dos objetivos a serem alcançados.

$$Q = \int_A V_z dA$$



3. CONTRIBUIÇÕES

3.1 Prof. José Vitório Zago, da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP

Prezado Prof. Giorgetti:

Fiquei muito honrado com o seu convite para participar do Forum Abenge, sobre o ensino de Matemática para os cursos de Engenharia.

Em anexo, encontram-se algumas reflexões sobre as questões que foram levantadas.

Sinta-se à vontade quanto ao aproveitamento desse material para a revista.

Despeço-me com protestos de estima e consideração.

Ass. José Vitório Zago

O ENSINO DE MATEMÁTICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA

Para abordar o ensino de matemática nos cursos de engenharia seria necessário discutir o ensino em geral e sua relação com a situação de dependência econômica e tecnológica do país.

Isso nos remeteria imediatamente para o questionamento da nossa estrutura política e de como são tomadas as decisões no Brasil.

Como o assunto é bastante amplo e poderia ser discutido num forum mais adequado eu me limitarei à análise de alguns pontos específicos da questão baseado na minha formação profissional (engenheiro mecânico com breve passagem na indústria) e acadêmica (professor de Análise Numérica).

Para uma resposta mais aprofundada seria necessário que nossas universidades fizessem um acompanhamento da vida profissional de seus formandos, o que, segundo eu saiba, não é feito.

Para a independência tecnológica e econômica do país e para a elevação do nível de vida de sua população seria necessário, entre outras medidas, que seu ensino, em todos os níveis,

fosse um ensino de qualidade, o que não implica que esse ensino fosse um ensino de elite.

É perfeitamente possível, se existirem a vontade e os recursos adequados, fornecer um ensino de qualidade para uma quantidade bastante grande de alunos, a necessária para que os objetivos de independência tecnológica sejam atingidos.

Dentro desse objetivo o ensino de matemática para engenheiros deveria visar principalmente sua formação intelectual básica. Temos a opinião de que um engenheiro com uma formação básica sólida pode fácil e rapidamente, assimilar as técnicas específicas de sua profissão, que, diga-se de passagem, mudam rapidamente em algumas de suas áreas. Aliás, essa rápida mudança tecnológica é principalmente desvantagem de uma formação exclusivamente voltada para as técnicas da profissão.

Para isso não vemos a necessidade de que as matérias básicas sejam diferentes para alunos de Física, Matemática ou Engenharia.

Tanto quanto os engenheiros, os matemáticos e físicos necessitam de aplicações nos seus cursos básicos de matemática; que porisso mesmo devem ser tomados em comum, mas em pequenas turmas.

Um dos obstáculos principais para que isso seja efetuado é o fato de que os nossos mestres em matemática não preparam seus graduados, que em grande maioria serão professores de matemática em faculdades de engenharia ou universidades, para essa mudança de enfoque.

O mestrado em Matemática Aplicada da UNICAMP tem como um de seus objetivos dar a seus graduados essa formação.

O atual sistema semestral é assegurado ao desenvolvimento dos currículos.

Quanto a alguns cursos específicos como o de Álgebra Linear e Cálculo Numérico, a nossa opinião é de que o primeiro seja dado no segundo semestre depois de Geometria Analítica.

O curso de Cálculo Numérico não deve ser um curso de ensino de receitas de métodos numéricos, mas sim tentar dar ao aluno uma compreensão da construção desses métodos e de suas limitações.

Finalizando, queremos dizer que qualquer reforma do ensino em geral e do universitário em particular, só terá máxima eficiência dentro de um contexto de reforma geral das estruturas econômicas e políticas da nação.

Ass. José Vitório Zago

Deptº de Matemática Aplicada
IMECC – UNICAMP

3.2 Prof. Antonio Rodrigues, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prezado professor,

Agradeço a gentileza de sua carta de 6 de abril passado pedindo-me sugestões para o ensino da Matemática na Engenharia.

Em resposta posso apenas dizer:

a) Não sendo engenheiro não posso responder a todas as questões levantadas no documento enviado.

b) Lecionei, por muito tempo, Álgebra Linear em turmas mistas de alunos de Engenharia, Física, Economia, Matemática, etc., e constatei que os melhores deles eram os da Engenharia e os demais sofríveis, havendo desistência de mais de 50% destes últimos enquanto aqueles mantinham a frequência alta.

c) Minha experiência nesse ensino revelou que é importante e fundamental o aprendizado de Geometria Analítica em semestre anterior como pré-requisito de Álgebra Linear, mas, entenda-se: não como disciplina dada juntamente com Cálculo, como propõe alguns professores e se dá em alguns livros e sim autônoma, fundamentada no Cálculo Vetorial, completa, com os tradicionais lugares geométricos, curvas e superfícies, que dão ao aluno uma visão espacial e geométrica dos problemas indispensáveis a outros estudos, inclusive à Álgebra Linear.

d) As disciplinas de Matemática para engenheiros, a meu ver devem ter caráter profissional, competindo às outras disciplinas do curso de Engenharia o caráter formativo em seu campo pecu-

liar, pois, os outros aspectos formativos educacionais, como o bom desempenho do raciocínio lógico geral e outros dados indispensáveis ao chamado homem culto de nossos tempos, o aluno deveria adquiri-los na escola secundária e a comprovação disso, para ingresso na Universidade, é problema dos exames vestibulares; agora, como vai ele proceder como engenheiro bem formado, em todos os aspectos que se considerar, não é papel da Matemática dar esta formação, a não ser que se pretenda que esse aluno venha a ser um matemático também.

Muito atentamente:

Ass. Antonio Rodrigues
UFRGS – Porto Alegre

3.3 Prof. Dalcídio Moraes Claudio, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Prezado Senhor:

Agradeço a oportunidade de poder participar do FORUM ABENGE conforme convite enviado pelo senhor em 06/04/82. Estou remetendo, em anexo, algumas idéias sobre o caso específico de Cálculo Numérico. Infelizmente, o tempo é pouco para que eu possa fazer um relatório mais detalhado.

Mantenha-me informado sobre o andamento do debate e caso deseje alguma informação complementar, eu me coloco a sua disposição.

Atenciosamente

Ass. Prof. Dalcídio Moraes Claudio

– O ENSINO DE MATEMÁTICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA. “RECOMENDAÇÕES REFERENTES À ESTRUTURA CURRICULAR-MATEMÁTICA”

Tendo em vista minha atuação na área de Matemática Computacional nos últimos anos, só poderei dar uma opinião com conhecimento de causa, no tópico relativo ao ensino de Cálculo Numérico. A proposta que me parece mais adequada foi debatida no último congresso da Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional (SBMAC) em Setembro/1981 e terá continuação no próximo a ser realizada em Agosto/82.

Quanto às recomendações do MEC, a divisão de curso de Cálculo Numérico em duas disciplinas:

1. Introdução à Ciência da Computação (ICC)
2. Cálculo Numérico (CN)

poderia a primeira vista ser interessante, se não fosse a deturpação que se faz da primeira.

As disciplinas existentes hoje em dia com o nome de ICC não fornecem nenhuma ou quase nenhuma condição necessária para o desenvolvimento do Cálculo Numérico. O que ocorre é uma sobrecarga de matéria para o CN que restrito a 60 horas não pode dar aos engenheiros o mínimo necessário para sua atividade profissional.

Essa solução me parece, portanto, fadada ao insucesso. A disciplina CN é em quase todo mundo e principalmente nas grandes potências vista com todo cuidado. Daí é que partem as grandes incursões aos reinos das matemáticas aplicadas superiores.

Um cuidado especial no ensino do Cálculo Numérico é um caminho que deve ser seguido se quisermos diminuir a nossa dependência tecnológica (importação de know-how).

Fica a pergunta o que fazer? Uma resposta pode ser encontrada nas recomendações da SBMAC, do grupo que coordenei em Setembro/81.

Deve ser ainda observado que a ênfase dada ao uso do computador deve ser balanceada com a utilização das mini-calculadoras eletrônicas, as quais em virtude de seu preço e desenvolvimento vem fazendo parte do dia a dia de quase todo o engenheiro, resolvendo uma gran-

de parte de seus problemas de modo bastante satisfatório. O computador deve ser reservado para problemas de grande porte para evitar sua sub-utilização.

Dentro de um aspecto mais amplo deveria haver um meio de fazer com que as disciplinas de Computação e Matemática Numérica fossem pré-requisitos para as do ciclo profissional, fazendo com que a “ferramenta” Matemática Computacional ocupe o lugar que a espera ansiosamente”.

3.4 Prof. Geraldo Ávila, da Universidade de Brasília, Departamento de Matemática

Prezado Prof. Giorgetti,

Atendendo a sua solicitação, feita em carta de 6 de abril último, é com o maior prazer e interesse que faço aqui alguns comentários sobre o tema “Ensino de Matemática nos Cursos de Engenharia”.

Os alunos dos cursos superiores de Matemática, Física e Engenharia têm necessidades comuns de aprender Cálculo, Geometria Analítica, Vetores, Matrizes, Equações Diferenciais Ordinárias, Equações da Física Matemática, Métodos Numéricos, etc. Como se vê, existe assim uma parte substancial do ensino da Matemática que é de interesse comum a esses vários cursos; e certas disciplinas de matemática são mesmo necessárias a outros cursos, além dos citados, como Química, Biologia e Economia.

É claro que os interesses de profissionalização são diferentes nos diversos cursos, mas isto só é verdade quando se considera cada curso em sua totalidade: a parte inicial básica e o ciclo profissional. O ensino comum de que estamos tratando situa-se antes na fase de formação básica; e aqui não há porque se separar os alunos dos vários cursos.

O ensino da Matemática a todos eles em comum só tem benefícios, a trazer e nenhum inconveniente. Isto no pressuposto — o único que julgamos acertado — de que o ensino da Matemática se faça com muita motivação; com apelo à intuição e à visualização geométrica, sempre que possível; com a utilização de aplicações apropriadas e de exemplos concretos; e sem excessos de rigor e de formalismo. O professor deve ter em conta que o que importa transmitir aos alunos são as idéias centrais da disciplina, seus métodos e técnicas; e nisto não ajuda o rigor das apresentações formais, que devem ser evitadas ou reduzidas ao mínimo necessário.

O rigor, o formalismo e a generalidade na apresentação dos conceitos são aspectos importantes da Matemática; mas na dosagem correta e no momento oportuno. Num curso de Cálculo, por exemplo, é muito mais importante que o aluno adquira treinamento para descobrir que o limite de $\sqrt{x} \log x$, com $x \rightarrow 0$, é zero; ou que as integrais impróprias $\int_1^\infty x^8 e^{-x} \sin x dx$ e $\int_1^\infty \frac{\sin x}{\sqrt{x}} dx$

são convergentes, do que saber demonstrar que o limite de um produto é o produto dos limites. E isto tanto é verdade para o aluno de Matemática, quanto para um aluno de Física ou Engenharia.

Quando um professor de certas disciplinas de Engenharia nota em seus alunos grande dificuldade em acompanhar as aplicações das leis básicas da Física envolvendo elementos diferentes, isto certamente acusa uma falha do ensino do Cálculo. Mas a falha não pode ser sanada através de um ensino separado do Cálculo só para alunos de Engenharia. Pois os alunos dos cursos de Matemática e Física também precisam aprender as mesmas coisas! Afinal, não é nos cursos de Matemática que se formam os futuros professores de Matemática? E estes, por sua vez, irão ensinar Matemática a alunos de Engenharia! É claro, pois, que eles precisam receber treinamento junto com alunos de Engenharia, Física e de outros cursos, num elenco variado de disciplinas básicas. A profissionalização é que os diferenciara: o aluno de Matemática deverá cursar disciplinas de Análise, Geometria Diferencial, Álgebra, etc., onde ele completará sua formação, enquanto os alunos de outros cursos seguirão direções diferentes.

Tirando algumas conclusões do que dissemos até agora, é claro que o ensino de Matemática deve e pode atender aos objetivos de profissionalização do futuro engenheiro, sem que esse ensino seja feito em separado só para estudantes de Engenharia. E esses objetivos compreendem tanto a necessidade de equipar o futuro engenheiro com uma bagagem de imediata utilização na vida profissional, com a de dar-lhe uma formação intelectual que o capacite a enfrentar situações novas sem respostas prontas.

Aliás, este último ponto é tão importante e pouco compreendido que merece considerações adicionais. O desenvolvimento científico e tecnológico de nossos dias ocorre com muita rapidez para que se possa, num curso de Engenharia apenas, equipar o profissional com toda a bagagem de

conhecimentos que ele necessitar em toda sua vida. E esta impossibilidade se deve não apenas à rapidez da evolução científico-tecnológica, mas também à enorme extensão dos conhecimentos, em qualquer domínio específico. Daí a necessidade mesma da seleção de disciplinas nas composições curriculares; e a vantagem dos cursos que permitem composições flexíveis e variadas, em contraposição ao regime seriado e rígido. Estas observações reforçam o que já dissemos antes: o objetivo principal do ensino de determinada disciplina é a de transmitir suas idéias centrais, seus métodos e técnicas — que não são um receituário — treinando o aluno na apreciação crítica dos tópicos aprendidos e não apenas na sua simples memorização. É este treinamento que dará ao futuro engenheiro condições para enfrentar situações novas em sua vida profissional. Capacitando-o a buscar as soluções adequadas fora do arsenal limitado dos conhecimentos adquiridos durante seu curso.

Falamos há pouco da enorme extensão dos conhecimentos, o que impõe limitações na escolha das disciplinas que devem integrar o currículo de qualquer curso. Daí decorre também a conveniência do ensino de vários tópicos na mesma disciplina, sempre que disso seja possível. Um exemplo típico disso, ilustrado por uma situação já consagrada nos Estados Unidos, é o ensino integrado do Cálculo e da Geometria Analítica numa disciplina única. Não é esta, todavia, a prática entre nós, pois em muitas escolas a Geometria Analítica continua sendo ensinada separadamente, ocupando assim espaço precioso que poderia ser destinado a disciplinas muito relevantes hoje em dia e que não o eram há vinte ou trinta anos atrás, como Computação, Teoria de Grafos, Programação Matemática, etc. Por outro lado, a fusão da Geometria Analítica no Cálculo apresenta inúmeras vantagens que podem ser facilmente apontadas num exame detalhado da apresentação dos vários tópicos.

Sem dúvida, o ensino da Matemática nos cursos de Engenharia suscita uma série de variadas questões, que merecem análise cuidadosa. Nossos comentários, aqui apresentados, restringem-se a algumas dessas questões e não são exaustivos.

Esperamos que eles sejam de algum proveito nos propósitos da ABENGE de bem cuidar do ensino da Engenharia nas escolas brasileiras.

Atenciosamente

Ass. Geraldo Ávila

3.5 Prof. Radiwal da S. Alves Pereira, do Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prezado Prof. Giorgetti

Com os meus cumprimentos, segue a contribuição que me fora solicitada pela sua carta datada de 06/04/1982.

Espero que o documento a ser publicado na Revista da ABENGE possa favorecer condições determinantes do objetivo comum de todos nós: o aprimoramento contínuo das condições de ensino na Universidade.

Atenciosamente

Ass. Radiwal da S. Alves Pereira
INSTITUTO DE MATEMÁTICA — UFRJ

O ENSINO DA MATEMÁTICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA

I — As informações e as opiniões contidas neste documento não são necessariamente obtidas do consenso de todos os professores do Departamento de Métodos Matemáticos do IM-UFRJ, tendo antes um certo cunho pessoal, como me pareceu desejável em face dos termos da carta a mim dirigida pelo Prof. Marcius F. Giorgetti. Isso não impede que um número ponderável de professores do IM-IFRJ concorde com essas opiniões.

II — A situação atual da Universidade é bastante diversa da que existia ao final da década dos anos 60. Após esse período turbulento seguiu-se um de relativa tranquilidade, quando órgãos financiadores estatais foram ativados, com o objetivo de fornecer recursos para projetos de pesquisa e para apoio aos emergentes programas de pós-graduação da Universidade

Brasileira. A modificação sofrida pela Universidade e a crescente exigência de qualidade no mercado de trabalho de Engenharia, em face de novas tecnologias, determinaram que o currículo dos cursos de Engenharia fosse reexaminado e que, em consequência do reexame feito, fosse aprovado, em 1976, um novo Currículo Mínimo, pela Resolução nº 48/76 do CFE. Mais recentemente e especialmente nestes dois últimos anos, os órgãos financiadores estatais estão gradualmente retirando da Universidade o apoio financeiro que lhes era prestado, sugerindo que os diversos encargos ligados à pesquisa e aos cursos de pós-graduação sejam absorvidos pela própria Universidade. Embora tal política seja defensável, parece-me que, nas grandes Universidades, em geral as de menor agilização nos seus procedimentos, a situação pode tornar-se crítica e, um trabalho sistemático de aprimoramento docente, realizado nestes últimos dez anos, pode ser inteiramente perdido.

III — A respeito das “Recomendações sobre a Matéria Matemática do Currículo Mínimo do Curso de Engenharia”, publicadas em 1977, sou de opinião que ainda permanecem válidas. A EE da UFRJ adaptou o seu Currículo Pleno à nova situação e, a partir de 1978, os alunos ingressos na Universidade passaram a cursar as disciplinas do novo currículo e assim a primeira turma deve concluir seu curso de Engenharia, com o novo currículo, ao final do corrente ano. Sobre as disciplinas complementares, citadas nas “Recomendações”, tem ocorrido que um número ainda pequeno de alunos da EE procuram cursá-las, especialmente aqueles que se destinam à habilitação Eletricidade. E isto, provavelmente, se deve ao fato do Currículo Pleno exigir ao aluno que curse elevado número de disciplinas por período letivo.

IV — Sobre a “Sugestão de Itens para Análise e Discussão” do documento elaborado pelos professores do ICM da Universidade de São Carlos, parece-me que:

IV-1 — O objetivo das Escolas de Engenharia, *ensino de massa*, é absolutamente inadequado, quer seja entendido no seu sentido *depreciativo*, quer seja entendido apenas no seu sentido de ensino para *grandes agrupamentos* humanos. É de notar que, na atual conjuntura nacional (e também mundial), de retração das grandes empresas, a formação de mais pessoal de nível superior seria catastrófica, atendendo a que, mesmo os engenheiros bem qualificados dificilmente têm sido absorvidos pelo mercado de trabalho. O ensino, qualquer que seja a área ou o nível envolvidos, deve ser de *qualidade*, sem o que *não é* ensino. Não me parece razoável no momento, pensar em *ensino de massa*, mesmo que fosse ele de *qualidade*, em face da dificuldade de absorção, pelo mercado de trabalho, acima referida.

Num curso de Engenharia de uma instituição com pequenos recursos, o que ocorre, em geral, na maioria das escolas da órbita privada, parece-me que os objetivos das disciplinas de Matemática devem ser condicionados aos objetivos da parte profissional. Em instituições de maiores recursos, os objetivos das disciplinas de Matemática devem ser mais amplos, de modo a permitir que o futuro engenheiro tenha uma visão também mais ampla da ciência como um todo e dela possa tirar partido nas múltiplas funções, além das puramente técnicas, que pode e deve assumir na sociedade o engenheiro.

IV-2 — Diria que as disciplinas de Matemática devem visar ao duplo objetivo de formação intelectual do futuro engenheiro e de fornecer-lhe instrumento eficiente para utilização nas disciplinas profissionais do curso ou na vida profissional.

No caso de *impossibilidade* de atingir os dois objetivos, diria que, em escolas de amplos recursos, deveria ser valorizado o primeiro objetivo e, nas escolas de menos recursos, deveria ser valorizado o segundo objetivo. E isto porque, em geral, os alunos de maior potencial intelectual estão nas primeiras escolas e os de menor potencial estão precisamente nas escolas menos favorecidas. Tal fato determina, para esses alunos de menor potencial intelectual (quase sempre aqueles pertencentes a grupos menos favorecidos economicamente), a obrigatoriedade de rapidamente procurar trabalho, nem sempre compatível com o nível de conhecimentos que deveria ter um engenheiro.

IV-3 — Eu separaria os alunos do binômio Física-Engenharia dos alunos da Matemática, uma vez que, para estes, os objetivos mais valorizados seriam aqueles formativos de uma estrutura mental que lhes propiciasse ver os aspectos gerais contidos em algum particular problema. Nessas condições, seria desejável que os alunos de Matemática tivessem aulas separadas das dos alunos de Engenharia-Física.

IV-4 — É difícil hoje responder a essa questão de vantagens ou desvantagens de regime semestral sobre o anual, uma vez que a totalidade das escolas já adotou o regime *semestral* para ensino das disciplinas, não permitindo hoje a existência de referencial de comparação entre os dois sistemas. Uma *comparação* do atual regime semestral com o anual, que ocorreu no passado, há mais de 10 anos não teria qualquer validade, uma vez que a situação social está muito modificada e, conseqüentemente, os alunos de hoje são de padrão diferente do que eram naquela época. Talvez um elemento subjetivo, como a *empatia* entre alunos e professor, que pode resultar maior se maior tempo de interação entre eles existir, tenha alguma validade, sugerindo seja o regime anual o que determinaria melhor rendimento do trabalho escolar.

Uma vantagem do regime semestral sobre o anual é o prejuízo menor que tem o aluno quando não consegue ser aprovado em alguma disciplina. Outra vantagem é a possibilidade do aluno escolher, em cada semestre, o conjunto de disciplinas a cursar mais consentâneo com a sua capacidade de trabalho discente.

IV-5 — Na minha opinião o estudo da Álgebra Linear pode e deve ser efetuado simultaneamente com o de Geometria Analítica e, de preferência no primeiro período letivo do currículo, propiciando ao aluno, o mais cedo possível, o uso de linguagem sintética altamente sugestiva.

IV-6 — Talvez já se deva pensar em tornar obrigatória alguma das disciplinas complementares relativas às "Recomendações", especialmente Teoria dos Grafos para determinadas áreas de profissionalização em Engenharia.

IV-7 — A observação levantada por professores de Mecânica dos Flúidos, Transferência de Calor e Massa, Resistência dos Materiais e outras matérias da Área das Ciências dos Meios Contínuos, de que os estudantes têm dificuldade em acompanhar as aplicações das leis básicas da Física a elementos diferenciais, ou seja, de modo geral, a modelização de fenômenos por meio de equações diferenciais, tem fundamento. No caso, parece-me, a dificuldade pode e deve ser evitada, trabalhando os professores de Matemática em contato permanente com os professores de Física e tendo sempre o cuidado de aproveitar todas as situações possíveis para apresentar um modelo matemático do problema e, se possível, mais de um modelo para cada problema.

V — Finalmente, qualquer que seja a opinião que se tenha dos problemas sugeridos para análise, quero assinalar que a posição do professor em sala de aula deve ser o elemento mais importante do binômio ensino-aprendizagem. A sensibilidade do professor deve prevalecer sobre quaisquer formas de metodologia de orientação que lhe sejam eventualmente impostas ou sugeridas. Deve o professor, qualquer que seja o nível de ensino a que se tenha dedicado, tomar suas decisões próprias, dentro do bom senso e sempre na direção que possa fazer com que seus alunos meditem sobre o que lhes foi ensinado, que executem, por eles próprios os trabalhos discentes e que adquiram a habilidade de transferir o que aprenderam para as situações-problemas que lhes sejam apresentados no futuro.

4. CONCLUSÃO

O Grupo Editorial da Revista de Ensino de Engenharia agradece aos professores que colaboraram com a programação deste primeiro Fórum apresentando suas valiosas considerações a respeito do tão importante tema escolhido para o início desta seção permanente da Revista.

Dentro da finalidade e dos objetivos que se desejam com a realização do Fórum ABENGE permanece em aberto o assunto ora debatido, sobre o "Ensino da Matemática nos Cursos de Engenharia". Evidentemente o assunto não se esgota com as manifestações transcritas, e esperam-se novas contribuições da comunidade de docentes de Engenharia sobre o tema em debate. Não se pretende, por essa razão, tirar conclusões finais sobre o assunto, mas sim manter vivo o debate tanto nos próximos COBENGE como nesta própria Revista.

Contribuições específicas sobre o tema poderão ser encaminhadas à Redação da Revista de Ensino de Engenharia.

ARTIGOS

DETERMINAÇÃO E ANÁLISES DE PEÇAS DE CONCRETO ARMADO PARA DEMONSTRAÇÃO DE MECANISMOS DE FUNCIONAMENTO E RUPTURA

Paulo Jorge Sarkis*
Lucy Martins Sarkis*

SARKIS, Paulo Jorge & SARKIS, Lucy Martins. Determinação e análise de peças de concreto armado para demonstração de mecanismos de funcionamento e ruptura. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:17-23, 2º sem. 1982.

Relato das experiências dos autores na utilização de ensaios de peças da estrutura na ilustração de Cursos de Graduação de Concreto Armado. Embora os autores já utilizem estes ensaios desde 1970 em diversas partes do curso, foi a partir de 1979 que iniciaram um plano de pesquisa sistemático visando reunir um conjunto de modelos devidamente testado. São relatados com mais detalhes o comportamento dos protótipos, já pesquisados, para ilustração da Compressão e Presso-Flexão. Ao final é feito destaque dos comentários que os autores consideram imprescindível sejam feitos para que alunos de graduação possam ter maior benefício dos ensaios.

Concreto armado. Ensaio. Laboratório. Protótipo. Demonstração.

SARKIS, Paulo Jorge & SARKIS, Lucy Martins. Reinforced concrete component analysis and design to demonstrate crack and mechanisms. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:17-23, 2º sem. 1982.

Report on the author's experimental sampling on essays of structural components to classes in reinforced concrete taught at the undergraduate level of civil engineering. Even though the authors have been using such experiments since 1970 in several stages of the course, it was only after 1979 that a systematic research plan was devised to gather a set of tested models. The researched behaviour of prototypes is reported on to illustrated columns under axial and eccentric loads. In closing, the authors make comments on steps that they consider indispensable for undergraduate students to better benefit from the experiments.

Reinforced concrete. Essays. Laboratory. Prototype. Demonstration.

I — INTRODUÇÃO

Embora a ênfase que é dada ao ensino de estruturas de concreto armado, nos cursos de engenharia civil, no nosso país, esta tem sido uma área de ensino tradicionalmente desprovida do acompanhamento de ensaios.

Por outro lado, a maioria das Universidades Federais dispõem de equipamentos de ensaios obtidos a partir de 1967 no contexto de acordos de trocas comerciais entre o Brasil e o Leste Europeu. Estes equipamentos tem sido utilizados, em geral, em pesquisas, principalmente a nível de pós-graduação.

Reconhecendo a poderosa ajuda que os ensaios poderiam trazer ao ensino no nível de graduação e aproveitando a disponibilidade dos equipamentos, iniciamos, a partir de 1970, a utilização de ensaios de peças estruturais no Curso de Concreto Armado. Estes ensaios foram, desde o início, concebidos para demonstrar os diversos mecanismos de ruptura bem como o funcionamento deficiente de armaduras, propositadamente, mal detalhadas.

A princípio utilizamos os modelos mais comuns, representados por vigas submetidas a flexão e cortante com ruptura por escoamento da armadura de flexão, por esmagamento do concreto a flexão (peça super-armada), por cortante e por escorregamento da armadura (falha da ancoragem).

* Departamento de Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

O excelente aproveitamento, proporcionado por estes ensaios de demonstração, nos levaram a utilizá-los em outros tipos de solicitação menos comuns. Em 1972 foram utilizados ensaios de pilares e de vigas submetidas a torsão pura (Foto nº 1). Em 1979 foi iniciado um trabalho de pesquisa com o objetivo de reunir um conjunto de ensaios didáticos cobrindo todas as fases de um curso de concreto armado.

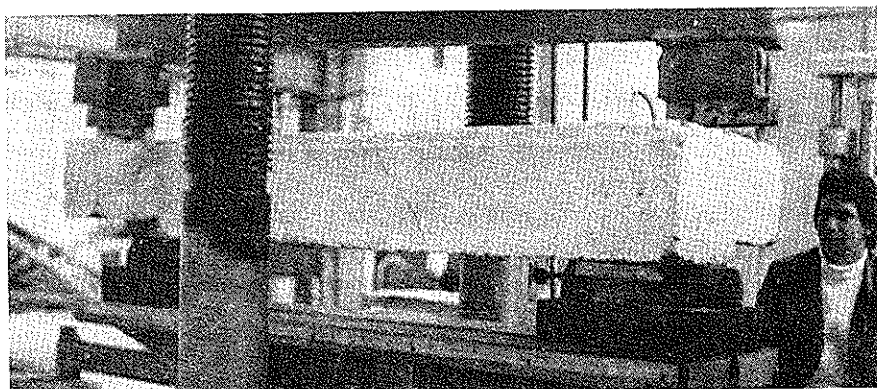


Fig. 1

O presente trabalho contém resumidamente os resultados da primeira etapa, concernente aos ensaios de compressão centrada e excêntrica. Uma apresentação completa e detalhada está prevista no documento final da pesquisa com o objetivo de facilitar a difusão dos ensaios para fins didáticos.

II – CRITÉRIOS GERAIS DOS ENSAIOS

Os ensaios foram projetados de modo a se obter uma demonstração do mecanismo de ruptura para cada tipo de solicitação, independente da medição de deformações. Desta forma, mesmo na ausência de meios que permitam uma correta avaliação das deformações, é possível tirar algum proveito didático dos ensaios.

Entretanto, os ensaios completos prevêm sempre a utilização de extensômetros e defletômetros para permitir melhor aproveitamento dos mesmos.

Na escolha entre extensômetro elétrico e mecânico optou-se pelo último por permitir uma fácil visualização e interpretação, pelos alunos, embora, para ensaios com fins científicos, possa ser mais conveniente o extensômetro elétrico.

Outro aspecto importante, que se procurou realçar nos ensaios, é a importância do detalhamento correto das armaduras, ou melhor, os problemas que decorrem de um detalhamento ou execução deficiente das armaduras.

Embora o concreto utilizado tenha sido dosado para $f_{ck} = 135 \text{ kgf/cm}^2$ (dosagem experimental) deve ser salientado que, no intuito de facilitar a utilização dos modelos, os ensaios foram processados em idades superiores aos 28 dias, procurando caracterizar melhor a realidade do ensaio didático, em que as peças são moldadas, em lotes, para atender a dois ou mais semestres letivos.

Para os aços foram utilizados CA-50-A na armadura principal e CA-60-B nos estribos.

Para cada modelo foram determinadas, teoricamente, a carga admissível (correspondente a aplicação da NB-1), a carga de ruptura média (correspondente ao limite último utilizando-se f_{cm} em lugar de f_{ck} e o diagrama característico em lugar do diagrama de cálculo) e a carga de ruptura máxima (utilizando-se coeficientes de majoração para as resistências dos materiais).

As dimensões das peças, principalmente o comprimento, foram escolhidas de modo a permitir a utilização dos equipamentos mais comuns existentes nas Universidades Brasileiras. Desta forma, embora pudessemos ter ensaiado peças de maior comprimento, no pórtico existente no laboratório da UFSM, demos preferência para peças com 90 cm de altura que podem ser ensaiadas na maioria das prensas existentes.

Para o modelo de Presso-Flexão os resultados apresentados são iniciais e o documento final poderá conter alterações.

III – MODELOS PESQUISADOS

Na etapa referente a compressão foram pesquisados modelos para quatro ensaios.

1. Pilar normal curto com e sem estribos

Os objetivos são mostrar o funcionamento do concreto armado a compressão (Domínio 5) e a importância dos estribos para evitar a flambagem prematura da armadura principal.

A teoria indica os seguintes valores para a resistência destes pilares.

Carga admissível	$N = 25.252 \text{ kgf} = 252 \text{ kN}$
Carga de ruptura média	$N = 78.096 \text{ kgf} = 780 \text{ kN}$
Carga de ruptura máxima	$N = 126.411 \text{ kgf} = 1.264 \text{ kN}$

O efeito da falta de estribos é muito difícil de determinar, teoricamente, em termos de limite último de resistência.

Os ensaios (fotos 2, 3, 4 e 5) permitiram visualizar satisfatoriamente o efeito negativo da deficiência de estribos pelo aparecimento prematuro de fissuras verticais paralelas às armaduras longitudinais, bem como a flambagem pronunciada, na ruptura, do pilar sem estribos comparado com o pilar com estribos normais.

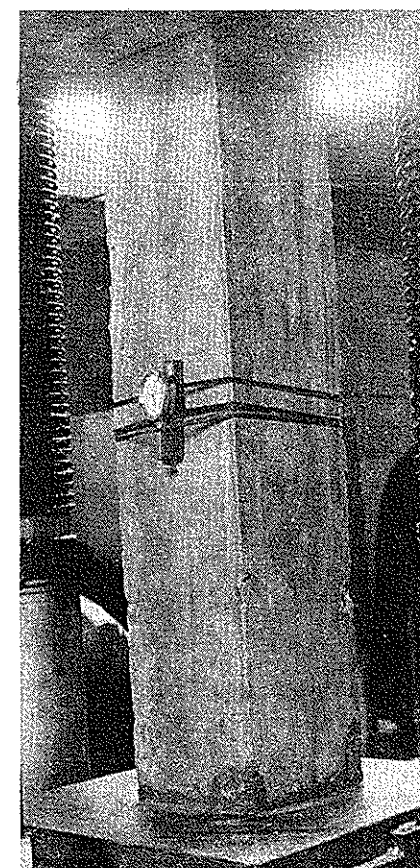


Fig. 2

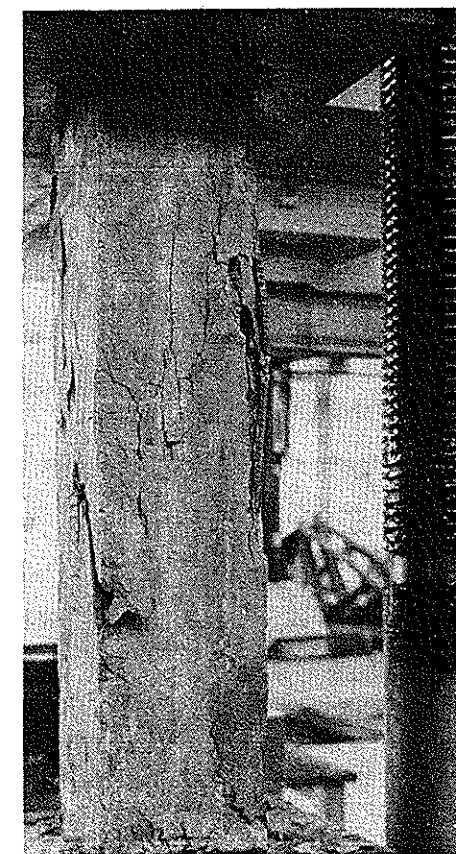


Fig. 3

As deformações medidas apresentaram valores muito dispersivos para se estabelecer um gráfico tensão deformação média, mas suficientemente bons para se situar em torno do valor teórico $\epsilon = 0,2\%$ a deformação de ruptura.

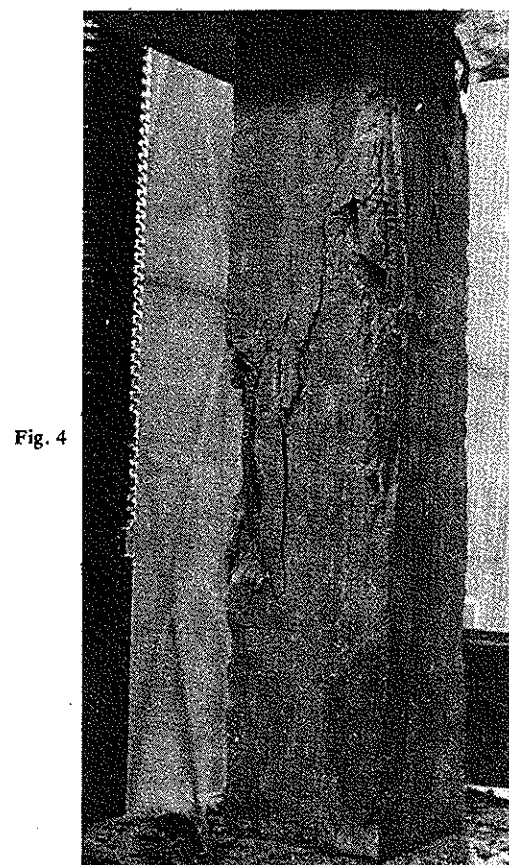


Fig. 4

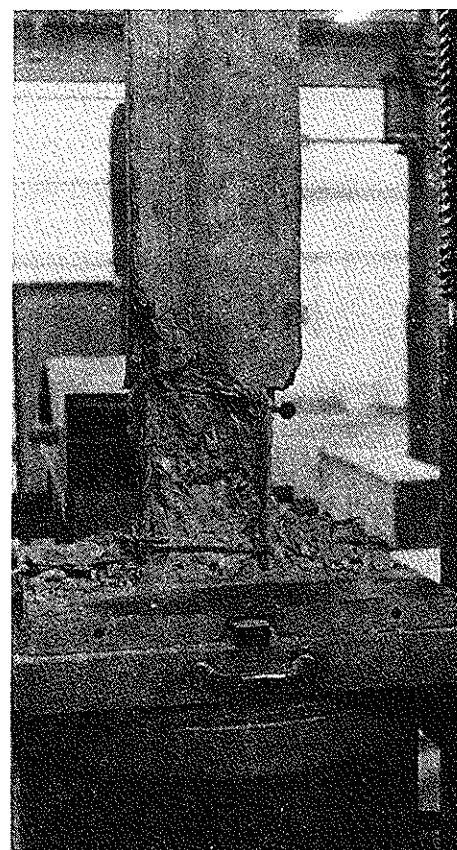


Fig. 5

2. Pilar cintado

As armaduras do pilar cintado estão nas fotos 6, 7 e 8 com o detalhe correto da ancoragem da extremidade, que é válido também para emendas, e uma emenda deficiente, por justaposição.

Os objetivos deste ensaio são mostrar, na prática, o conceito de limite de utilização e limite último muito bem ilustrado pela perda de casca do pilar cintado e o funcionamento do cintamento, condicionado a ruptura do concreto do núcleo ao escoamento e ruptura do próprio cintamento.

Os ensaios deste modelo proporcionaram uma excelente visualização do funcionamento de um pilar cintado (fotos 9 e 10).

O comportamento do pilar no ensaio permite de uma maneira muito didática distinguir os limites de utilização e os limites últimos. O desprendimento da casca se dá com uma carga de aproximadamente 125 toneladas (1250 kN) e a ruptura com 220 toneladas (2200 kN).

A medição das deformações permite identificar a ruptura da casca com $\epsilon = 0,2\%$ embora os extensômetros tenham de ser retirados um pouco antes ($\epsilon = 0,16\%$) da ruptura da casca para evitar danos ao aparelho.

A teoria indicava para carga admissível, no limite de utilização $N = 61.439 \text{ kgf} = 614 \text{ kN}$ e no critério do limite último $N = 35.171 \text{ kgf} = 351 \text{ kN}$, valores muito baixos quando comparados aos reais.

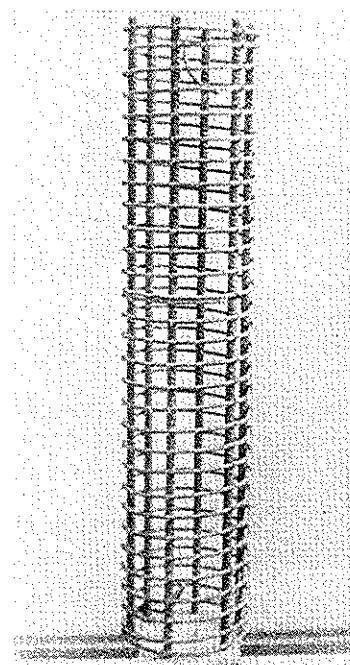


Fig. 6

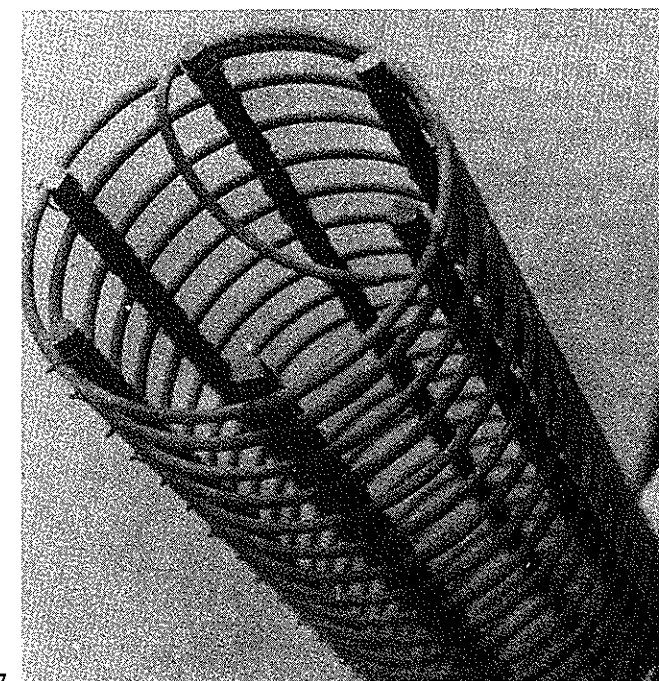


Fig. 7

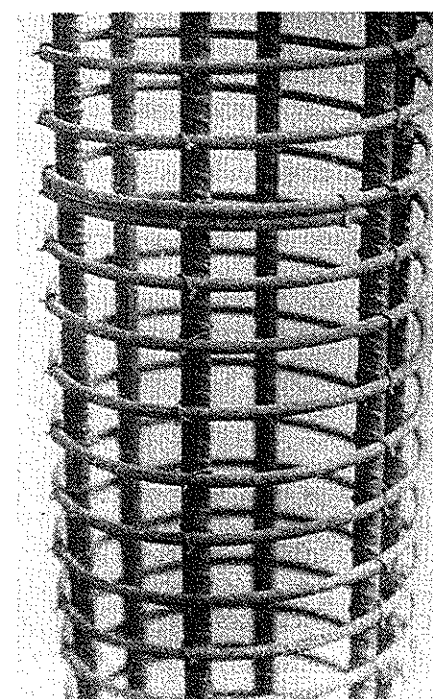


Fig. 8

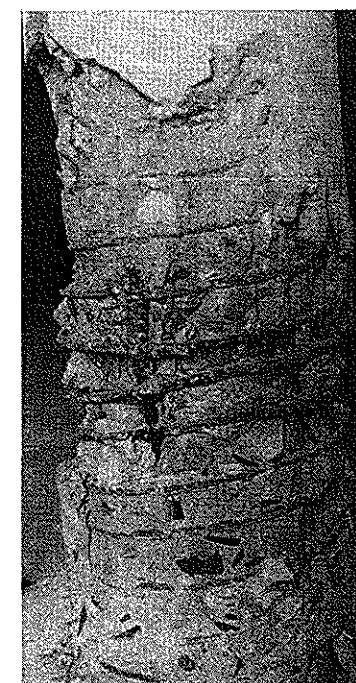


Fig. 9

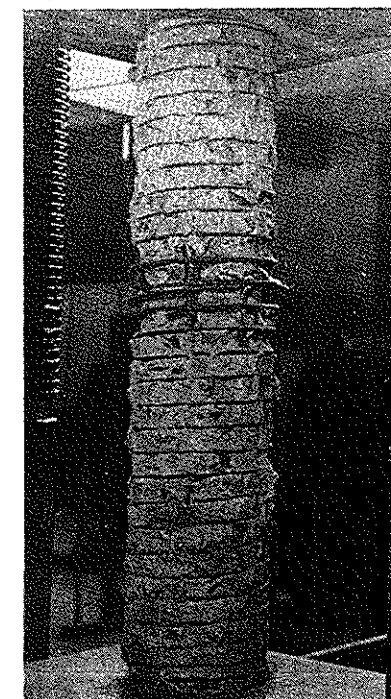


Fig. 10

3. Pilares a Presso-Flexão

Os modelos para esta demonstração foram concebidos com dentes laterais de modo a permitir presso-flexão de grande excentricidade. A foto 11 mostra os detalhes típicos da armadura das peças ensaiadas.

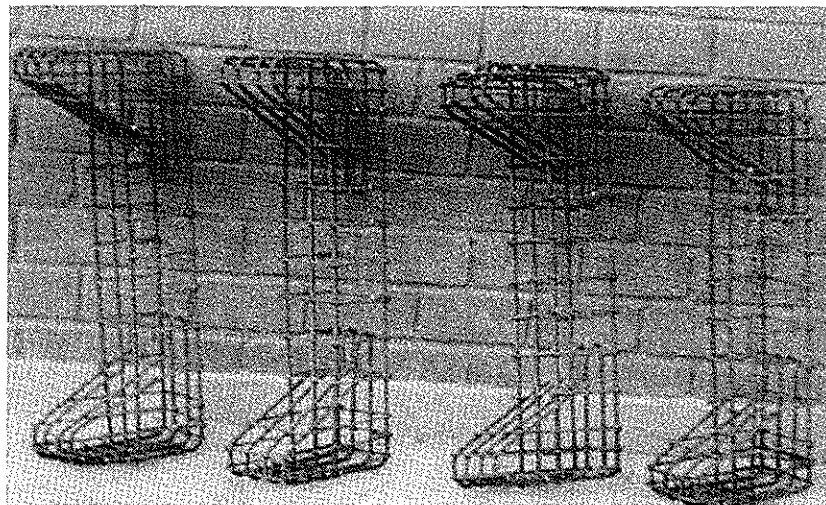


Fig. 11

A diferença de armadura entre os modelos tem por objetivo conduzir a ruptura para o domínio 3 com escoamento pronunciado da armadura tracionada e para o domínio 2 com ruptura por esmagamento do concreto.

Nos modelos ensaiados até o presente, conseguiu-se provocar o início da fissuração mas por defeito de execução (excesso de cobrimento de concreto) os modelos romperam-se nos dentes antes de se atingir uma ruptura mais identificada da peça.

IV – CONCLUSÕES

A utilização de ensaios de peças estruturais de concreto armado, tem-se mostrado de grande utilidade como apoio didático na explicação e elucidação do comportamento deste material.

A simples execução do ensaio e sua apresentação já é suficiente, na nossa opinião, para que os alunos de graduação tenham proveitos inegáveis. Entretanto, deve-se buscar uma participação mais efetiva da classe através da colaboração dos alunos na preparação e condução dos ensaios, fazendo leitura de medidas e apresentação de relatórios interpretando os resultados dos ensaios, comparando resultados teóricos, sugerindo novos modelos. Para tornar possível uma participação desse tipo as turmas devem ter número limitado em torno de dez alunos.

Além do aspecto didático, os ensaios servem também para despertar nos alunos o espírito investigador tornando conhecidos os equipamentos e métodos utilizados na experimentação.

V – RECOMENDAÇÕES

Apesar de nos parecer inquestionável a necessidade de se recomendar a utilização de ensaios para acompanhamento dos Cursos de Concreto Armado, julgamos também prudente que os mesmos sejam acompanhados de observações criteriosas quanto a utilização dos resultados do ensaio.

A seguir relacionamos algumas destas observações que consideramos importantes.

1. O aparente exagero de segurança, que parece existir entre as cargas admissíveis e as de ruptura efetiva, deve ser analisado levando-se em conta aspectos globais envolvendo qua-

lidade da execução e dos materiais utilizados nas obras reais, diversos do existente em laboratório.

2. Devem ser salientados os aspectos globais, a nível de economia nacional, envolvidos na fixação dos coeficientes de segurança utilizados nas normas, a fim de não gerar um excesso de otimismo quanto a subdimensionamentos de peças.
3. Como os ensaios didáticos, tendo em vista a carga horária do curso, só permitem o ensaio de uma peça de cada modelo, é interessante manter as peças de ensaios anteriores para exposição, precavendo-se de um ensaio ocasionalmente sucedido.
4. A questão da segurança dos alunos, durante a aplicação de carga, deve ser também considerada na preparação dos ensaios. Em geral a manutenção de uma distância de três metros é suficiente para a segurança do grupo, podendo se permitir aproximações individuais para observações de fissuras ou leituras de deformações.

VI – BIBLIOGRAFIA

- LEONHARDT, F. *Construções de concreto*. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 1978, v. 1 a 3.
 FRANZ, G. *Tratado del hormigon armado*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1971, v. 1 e 2.
 CEB-FIP. *Code modèle CEB-FIP pour les structures en beton*. Paris, CEB, 1979.
 FERGUSON, P.M. *Reinforced concrete fundamentals*. New York, Wiley International Edition, 1965.
 BLEVOT, J. *Patologia de las construcciones de hormigon armado*. Barcelona, Editores Tecnicos Asociados.
 WHITE, R. e outros. *Structural engineering*. New York, Wiley International Edition. v. 3.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio recebido dos diversos órgãos da UFSM e em especial a Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciência – FATEC

ARTIGOS

O GALVANÔMETRO COM PONTE RETIFICADORA – UMA ÊNFASE DIDÁTICA

B.J. Mass*

MASS, B.J. O galvanômetro com ponte retificadora: uma ênfase didática. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 25-33, 2º sem. 1982.

São ressaltados alguns aspectos de importância principalmente didática, para um circuito simples, empregado em medidas de tensão e corrente, constituído basicamente de um galvanômetro e uma ponte retificadora com diodos. É enfatizado o fato de que o circuito possui características atuais apesar da introdução de instrumentos digitais de desempenho superior. As diferenças entre as configurações para medir tensão e para medir corrente são focalizadas através de uma análise simplificada empregando-se modelos idealizados. São sugeridos tópicos de interesse para aulas formais, bem como exercícios adequados aos cursos de graduação.

Galvanômetro. Ponte retificadora. Diodos. Corrente elétrica (medida). Tensão elétrica (medida).

MASS, B.J. The galvanometer with rectifying bridge: a didactical emphasis. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:25-33, 2. sem. 1982.

A number of aspects, mainly of didactical importance are pointed out for a simple circuit employed in measurements of current and voltage, and consisting basically of a galvanometer and a diode rectifying bridge. The fact that the circuit is of up-to-date character is emphasized despite the introduction of digital instruments of superior performance. The differences between the schemes to measure voltage and to measure current are focused through a simplified analysis employing ideal models. Topics of interest for classes as well exercises adequate to undergraduate courses are suggested.

Galvanometer. Rectifying bridge. Diodes. Electrical current (measurement). Electrical voltage (measurement).

I – INTRODUÇÃO

Para se medir o valor eficaz de tensões e correntes senoidais emprega-se, muitas vezes, uma ponte retificadora com galvanômetro de bobina móvel (D'Arsonval) [1] – [3] como se vê na Figura 1.

Esse circuito eletrônico, apesar de conhecido, não é normalmente tratado com detalhes na maioria dos livros-textos, e uma experiência recentemente vivida pelo autor com alunos de Engenharia Elétrica o levou a refletir sobre sua importância didática. Em consequência alguns aspectos interessantes vieram à tona, sugerindo que sua divulgação possa contribuir positivamente para o aperfeiçoamento do ensino. Antes porém, de qualquer análise quantitativa, dois pontos importantes devem ser mencionados. Em primeiro lugar o estudo do circuito e de seus componentes se enquadra perfeitamente nas recomendações do Ministério da Educação e Cultura relativas a conteúdo e carga horária mínima para matérias dos cursos de Engenharia Elétrica. Especificamente o circuito retificador se encaixa diretamente nas experiências sobre multímetros análogos, galvanômetros e amperômetros sugeridas para a matéria básica "Eletricidade" e nas experiências sobre retificação, detecção e controle com diodos semicondutores sugeridas para a matéria "Materiais Elétricos". A esse respeito ver ref. [6], páginas 252, 253, 262 e 263.

Em segundo lugar, a concepção muito difundida de que os enormes progressos da eletrônica do estado-sólido tornaram obsoletos os instrumentos com galvanômetros, do tipo em consideração, é até certo ponto uma concepção falsa e sua correta interpretação está relacio-

* Engenheiro eletrônico. Caixa Postal 487. 13560 – SÃO CARLOS, SP.

nada com a questão da objetividade científica no ensino, sendo sua discussão em sala de aula uma atitude positiva.

O conceito da retificação continua sendo empregado em instrumentos de medida de mais recente concepção, lado a lado com circuitos integrados. O galvanômetro de bobina tem sido aperfeiçoado em anos recentes e continua sendo aplicado em instrumentos de alta qualidade e precisão. Na verdade, para certas aplicações, como por exemplo quando a taxa de variação de uma corrente ou tensão é importante, um instrumento analógico é preferível a um instrumento digital¹. Fabricantes de instrumentos eletrônicos de qualidade continuam, de uma forma geral, produzindo unidades digitais e analógicas. Para uma descrição breve de alguns instrumentos introduzidos nos dois últimos anos com bobina móvel e tecnologia avançada, ver as refs. [7] e [8]. As refs. [9] e [10] apresentam uma comparação sucinta dos multímetros digitais e analógicos, ressaltando as aplicações em que os últimos são superiores.

II – MEDIDAS DE TENSÃO E UMA APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

O interesse pelo circuito surgiu quando o autor analisou a dificuldade por parte de alguns alunos de graduação de Engenharia Elétrica em resolver uma questão proposta numa prova. A questão (ver Apêndice) consistia em determinar a relação entre a corrente eficaz entrando no circuito da Figura e a corrente média no galvanômetro quando o circuito fosse utilizado como amperímetro para correntes senoidais, com a resistência R suprimida.

Alguns alunos deixaram de ver como o circuito poderia funcionar sem a resistência R e tentaram soluções que levavam um R teórico em conta. Isso leva a interpretações errôneas porque o circuito com uma resistência R é adequado para medidas de tensão mas não é adequado para medidas de corrente. Ao ser empregado para medir correntes qualquer impedância que o circuito apresente introduz um erro que deve ser minimizado e por isso se faz R igual a zero.

Sobre esse aspecto há uma análise sucinta mas recomendável em Frank, ref. [5].

Para simplificar o estudo e a compreensão do circuito é preferível considerar diodos ideais, sem queda de tensão no estado de condução. Essas considerações não comprometem as propriedades mais gerais e além disso o efeito das quedas de tensão pode ser minimizado empregando-se a ponte juntamente com um amplificador operacional numa configuração chamada "retificador de precisão" [4].

Supomos que o circuito da Figura 1 será utilizado para medir tensões senoidais, com os terminais A e B conectados de forma a coincidir com os pontos cuja diferença de tensão nos interessa. Por hipótese essa diferença é da forma

$$v(t) = v_m \sin \omega t \quad (1)$$

$$\text{com valor eficaz } V_{ef} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

Com os diodos e o galvanômetro ideais e além disso, desprezando-se o efeito de carga sobre o circuito externo, a corrente entrando no circuito será determinada por R:

$$i(t) = I_m \sin \omega t \quad (2)$$

$$I_m = \frac{V_m}{R}$$

Pelo galvanômetro a corrente passará retificada completamente

$$i_G(t) = |i(t)|$$

¹ É importante ressaltar que a tendência é de que esse estado de coisas se modifique favoravelmente aos instrumentos digitais.

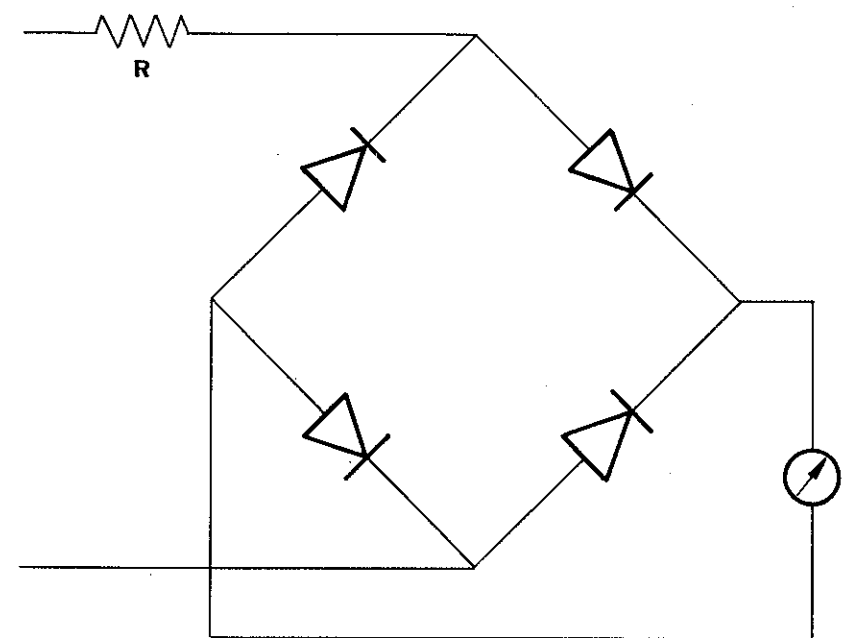


Fig. 1 – Ponte retificadora com galvanômetro de bobina móvel configuração básica para medir tensões.

O processo de retificação é fundamental porque o galvanômetro de bobina móvel só detecta o valor médio de uma corrente e, ao retificarmos uma função não nula de valor médio nulo, obtemos uma nova função de valor médio não nulo.

Para as correntes consideradas, num intervalo igual a um número inteiro de períodos teremos os seguintes valores médios.

$$\langle i(t) \rangle = I_{med} = 0$$

$$\langle i_G(t) \rangle = I_{Gmed} = \frac{2I_m}{\pi} = \frac{2V_m}{\pi R} \quad (3)$$

Ao estabelecer uma corrente com valor médio não nulo estabelecemos automaticamente uma relação linear entre o valor eficaz da tensão e o valor médio detectado pelo instrumento. Um circuito retificador de meia-onda poderia, em princípio, desempenhar o mesmo papel que a ponte, mas a corrente média no galvanômetro seria apenas a metade de (3) e sua sensibilidade seria menor. A ref. [11] constitui uma boa análise de diferentes retificadores para a instrumentação.

$$V_{ef} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_m$$

$$I_{Gmed} = \frac{2}{\pi R} V_m$$

$$V_{ef} = \alpha I_{Gmed} \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{\pi R}{2\sqrt{2}} \quad (5)$$

Todas as medidas do galvanômetro devem ser multiplicadas pelo coeficiente α ou, alternativamente, sua escala deve ser modificada para que indique tensão, levando em conta α .

Evidentemente com R sendo finita haverá erro nas medidas, já que R perturba o circuito externo. Idealmente R deveria ser infinita e deveríamos empregar o maior valor possível para R , mas nesse ponto uma das características interessantes do circuito emerge: o circuito é passivo. Sendo passivo, toda a energia que recebe para mover o ponteiro do galvanômetro provém do circuito externo, e a medida que R cresce, descreve I_{Gmed} , decrescendo também a sensibilidade.

III – O CIRCUITO PARA MEDIR CORRENTES

Para medir correntes, por hipótese senoidais, o circuito da Figura 1, sem R , é introduzido com os pontos A e B em série com o ramo pelo qual circula a corrente. A corrente é então *injetada* no circuito e temos

$$i'(t) = I'_m \sin \omega t \quad (6)$$

com valor eficaz $I'_{ef} = \frac{I'_m}{\sqrt{2}}$

Essa corrente injetada passa retificada pelo galvanômetro com valor médio

$$I'_{Gmed} = \frac{2I'_m}{\pi}$$

introduzindo a seguinte proporcionalidade

$$I'_{ef} = \alpha' I'_{Gmed} \quad (7)$$

temos

$$\frac{I'_m}{\sqrt{2}} = \alpha' \frac{2I'_m}{\pi}$$

$$\alpha' = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1,111 \quad (8)$$

Esse coeficiente, como é natural, não depende de nenhum parâmetro do circuito, e a modificação da escala é sempre a mesma para qualquer instrumento.

IV – CONCEPÇÃO INCORRETA DO CIRCUITO PARA MEDIR CORRENTES

Suprimir R do circuito da Figura 1 para medir correntes é uma idéia quase intuitiva quando pensamos em evitar influência do circuito de medida sobre a corrente sendo medida. A idéia pode não parecer tão óbvia quando a questão consiste simplesmente em calcular a relação entre a corrente senoidal circulando pelo circuito e a corrente média no galvanômetro. Reagindo intuitivamente diante de uma questão de prova a respeito do circuito (ver Apêndice), alguns alunos partiram da premissa de que havia uma resistência R , bem como uma tensão senoidal responsável pela corrente entre os pontos A e B (Fig. 1). Prosseguindo com esse raciocínio chega-se a um coeficiente quantitativamente idêntico ao correto (8) da seguinte maneira

$$v(t) = V_m \sin \omega t \quad i(t) = \frac{V_m}{R} \sin \omega t$$

$$I_{ef} = \frac{V_m}{R\sqrt{2}} \quad (9)$$

$$I_{Gmed} = \langle |i(t)| \rangle = \frac{2 V_m}{\pi R} \quad (10)$$

Verificada a relação linear entre I_{ef} e I_{Gmed} podemos introduzir um coeficiente k

$$I_{ef} = k I_{Gmed}$$

$$\frac{V_m}{R\sqrt{2}} = k \frac{2V_m}{\pi R} \quad (11)$$

$$k = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1,111 \quad (12)$$

Esse resultado independe de R e sendo numericamente idêntico ao coeficiente (8) que deve ser aplicado para medidas de correntes, pode induzir à crença de que o circuito pode ser utilizado com R finita no caso de correntes.

O desenvolvimento acima, está claro, é sintomático de uma interpretação incorreta ou imprecisa do processo de medir correntes elétricas. A prescrição é óbvia: uma discussão menos superficial em sala de aula do funcionamento e das aplicações do circuito ponte. Face à aparente trivialidade o ponto de vista do autor é de que na hipótese dos erros e das dúvidas identificadas serem representativas para toda a população de estudantes de Engenharia Elétrica então a análise elucidativa de qualquer detalhe apresenta importância didática e sua divulgação passa a ser de interesse, justificando a publicação. Poderá surgir argumento demandando melhor evidência fática para que o assunto abordado assumira as dimensões de problema real, mas quanto a isso deve-se ressaltar que o objetivo maior do presente trabalho é aproveitar um ponto que poderá, ao menos potencialmente, dar origem a conceitos imprecisos, para reavivar o interesse educacional por um circuito (e aplicações) que tende a ser marginalizado pela publicidade em torno das tecnologias mais avançadas em eletrônica.

V – RESTRIÇÕES ADICIONAIS

Um estudante pode ser tentado a considerar que as restrições ao desenvolvimento de (11) e (12) desaparecem quando se faz $R \rightarrow 0$ pois

$$\lim_{R \rightarrow 0} \frac{\pi R V_m}{2\sqrt{2} R V_m} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}}$$

Contudo, ao fazermos R tender a zero (9) e (10) tenderão ao infinito. A única maneira correta de analisar a configuração para medir correntes é supor desde o princípio que a corrente que se quer medir já existe no circuito externo antes da medida, é determinada somente pelo circuito externo e é injetada, sem distorção, no circuito de medida.

A inconveniência de um R finito em medidas de corrente é bem ilustrada pelo que ocorre quando tentamos medir, em certos circuitos não lineares, uma corrente que sabemos ser senoidal, mas que deixa de ser senoidal quando se introduz um circuito como o da Figura 1. Um exemplo é o da Figura 2.a no qual o sinal do gerador é tal que força uma corrente senoidal no diodo. Com R em série com o diodo a corrente é distorcida mesmo que a ponte e o galvanômetro sejam absolutamente ideais. Evidentemente este é um exemplo artificial, mas uma situação parecida pode ser verificada em osciladores eletrônicos de baixa distorção.

VI – OUTROS ASPECTOS INTERESSANTES

O circuito da Figura 1 apresenta vários aspectos de interesse didático que não são normalmente mencionados na literatura, mas que merecem ser considerados em sala de aula almejando não só a melhor compreensão do circuito como dos processos de medida em geral. Alguns desses aspectos são comentados a seguir.

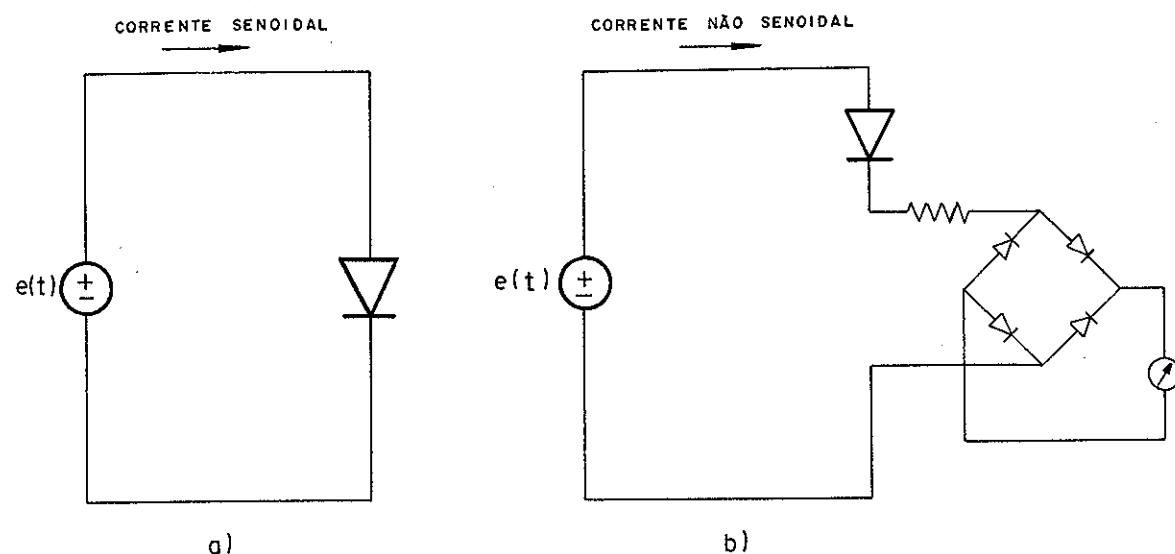


Fig. 2 - Uma resistência finita na entrada da ponte pode alterar a corrente.

1. Como já foi observado acima, ao crescer R cresce também o intervalo necessário para realizar uma determinada medida de tensão porque o ponteiro do galvanômetro necessita de uma energia finita para ser defletido. Esse é um ponto importante, que em instrumentos digitais não é tão evidente. Para qualquer medida, um circuito passivo retira energia do sistema que está sendo observado, interferindo portanto nesse sistema e alterando a medida. Esse fato permite uma visualização qualitativa simples do Princípio da Indeterminação de Heisenberg [12], uma vez que no caso de um galvanômetro, quanto menos interferirmos com o sistema externo, menos energia dispomos para mover o ponteiro até a posição correta.

Fica também evidente que não podemos realizar medidas rápidas demais e muito menos instantâneas, já que a energia externa é sempre fornecida a uma taxa finita. Esse ponto pode ser citado em sala de aula para ilustrar o conceito de frequência de corte, e uma boa questão para ser proposta seria calcular uma estimativa para o limite inferior do tempo necessário para uma medida de tensão, sabendo-se que o galvanômetro solicita para qualquer deflexão uma energia não maior que um valor E_G . A solução pode ser obtida considerando-se uma aproximação para a energia total fornecida ao circuito todo, incluindo o galvanômetro.

$\bar{p}$ - potência média absorvida pelo circuito;

E - energia total absorvida pelo circuito;

$$E = \bar{p} \cdot \Delta t \quad E \approx \frac{V_m^2}{2R} \cdot \Delta t \quad (13)$$

$$E \geq E_G \text{ ou } \frac{V_m}{2R} \cdot \Delta t \geq E_G \therefore \Delta t \geq \frac{2RE_G}{V_m^2} \quad (14)$$

Para uma idéia quantitativa, os melhores galvanômetros de bobina móvel consomem uma fração de microwatt para deflexão de fundo de escala [9].

2. O circuito externo é praticamente "cego" para o que se passa dentro da ponte (ponte e galvanômetro ideais), não "enxergando" a mudança de trajetória da corrente quando esta muda de sinal. Para o circuito externo o circuito da Figura 1 consiste apenas de R . Esse é um dos aspectos mais atraentes do circuito e não depende de forma-de-onda de tensão ou corrente desde que os diodos e o galvanômetro sejam ideais. Essa propriedade permite cal-

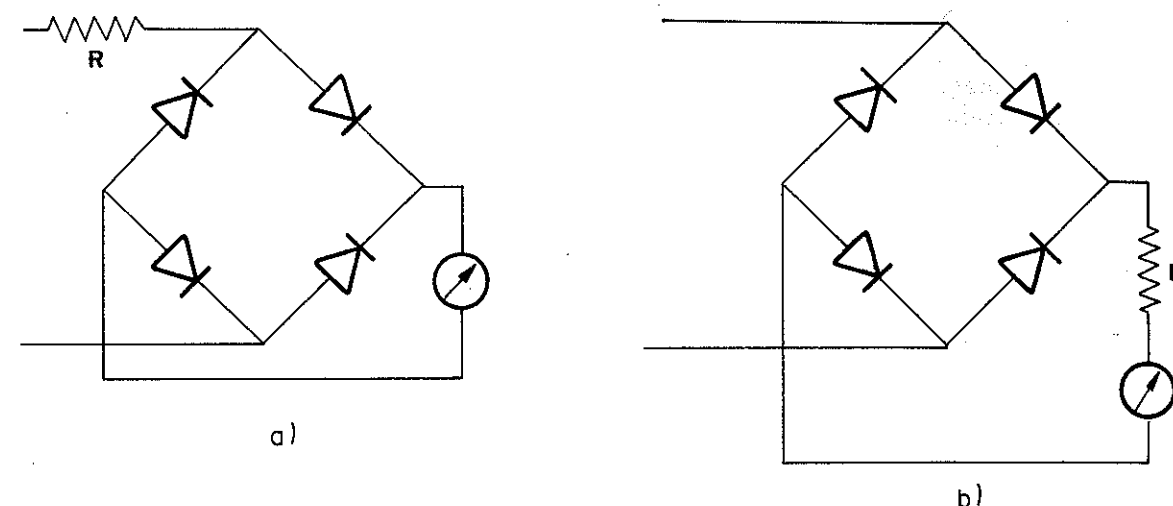


Fig. 3 - A posição de R aparentemente irrelevante é preferencial na entrada.

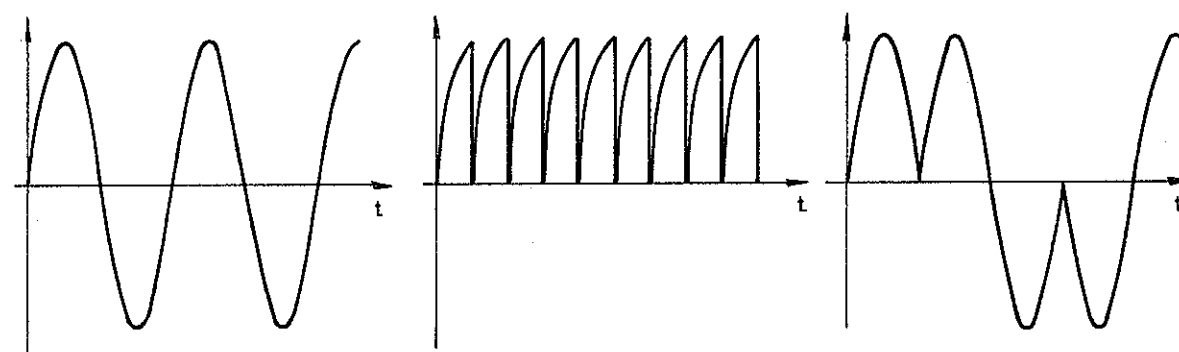


Fig. 4 - Membros de uma família de formas de onda para a qual o coeficiente de escala é o mesmo.

cular uma impedância equivalente para o circuito visto pela entrada, o que constituiria um bom exercício para alunos de graduação. No caso ideal a impedância equivalente seria igual a R .

3. No circuito da Figura 1 o galvanômetro e a resistência podem ter suas posições intercambiadas ou ainda serem ambos instalados em série numa das duas posições sem que nada se altere sob o ponto de vista do circuito externo ou sob o ponto de vista das medidas. Não obstante, com a resistência instalada após a ponte (Figura 3.b) os diodos ficam sujeitos a uma tensão reversa de pico repetitiva (V_{RRM}) aproximadamente igual a V_m , enquanto que se for instalada na entrada da ponte (Figura 3.a) os diodos ficam sujeitos a V_{RRM} praticamente nula (nula no caso ideal) e logicamente esta deve ser a configuração preferencial. Uma questão que poderia ser proposta para alunos de graduação é: "Decida qual dos dois circuitos deve ser preferido para medir tensões senoidais e explique porque".

4. A configuração básica de ponte e galvanômetro pode, como se sabe, ser utilizada para medir quaisquer correntes ou tensões periódicas incluindo as contínuas, bastando aplicar o coeficiente de escala apropriadamente calculado. Um detalhe interessante e normalmente não mencionado na literatura é que para uma dada relação entre o valor eficaz da tensão ou corrente e o valor médio da corrente no galvanômetro existe um número infinito de for-

mas-de-onda que apresentam essa relação. Para essas formas-de-ondas o instrumento apresenta sempre as medidas corretas, dispensando qualquer correção no coeficiente de escala. A Figura 4 mostra exemplos de formas-de-onda de tensão para as quais é válido um mesmo α . Construir algumas funções diferentes para um dado α constituiria uma questão interessante para estudo individual por alunos de graduação.

VII – CONCLUSÕES

Este trabalho não tem a pretensão de ser completo e muitos pontos de interesse não foram tratados, os quais poderão contudo ser desenvolvidos numa ou mais disciplinas regulares de graduação em Engenharia Elétrica. Apesar da simplicidade do circuito analisado conclui-se que seu estudo é importante, pelas seguintes razões dentre outras:

- a) Constitue um circuito barato e acessível de componentes nacionais.
- b) Encerra alguns conceitos fundamentais de Engenharia Elétrica.
- c) É empregado em larga escala em instrumentos modernos.
- d) Sua compreensão pode dar margem a dúvidas elementares que poderão ser exploradas didaticamente.
- e) O circuito é tratado com relativa superficialidade na literatura acadêmica.

No trabalho não apenas uma série de referência foi registrada, como foram identificados alguns aspectos técnicos não usuais que poderão ser úteis em cursos de graduação.

VIII – RECOMENDAÇÕES ÀS ESCOLAS DE ENGENHARIA

A configuração básica do circuito considerado já deve ser assunto estudado nas Escolas de Engenharia, tendo em vista as recomendações do Ministério da Educação e Cultura. As recomendações conseqüentes desse trabalho se referem mais à forma de aplicar as recomendações do M.E.C., particularmente com relação aos cursos de Engenharia Elétrica. As principais recomendações são:

- a) Que o circuito básico seja tema de pelo menos uma aula experimental.
- b) Que a teoria de seu funcionamento seja tema de pelo menos uma aula teórica.
- c) Que seja elaborado texto didático acessível aos alunos, contendo a mais extensa bibliografia possível.
- d) Que sejam propostos aos alunos exercícios nos moldes daqueles aqui expostos.
- e) Que se criem condições para que os alunos participem de uma análise comparativa de instrumentos similares empregando galvanômetros e empregando circuitos digitais.

APÊNDICE

A questão mencionada no capítulo II e que é reproduzida abaixo foi proposta numa prova do 1º semestre de 1981, para alunos de uma turma mista com indivíduos de 2ª e de 3ª séries de Engenharia Elétrica em Ilha Solteira – SP. As soluções após publicadas, foram discutidas dentro e fora da sala de aula:

“Empregamos uma ponte de diodos ideais com um galvanômetro na saída para medir valor eficaz de *correntes* senoidais. O galvanômetro é sensível a valor médio e é ideal. Não há resistor. Por quanto devem ser multiplicadas as leituras do galvanômetro se este tiver escala em Ampères?”

Das 32 soluções apresentadas 37,5% (12) estavam corretas, 43,7% (14) absolutamente incorretas, e as restantes 18,8% (6) apenas parcialmente corretas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] – MILLMAN, J. & HALKIAS, C.C. – *Eletrônica*, São Paulo, McGraw-Hill, 1981, v. 1, p. 103-4.
- [2] – Terman, F.E. & PITTIT, J.M. – *Mediciones electronicas*, 2ª ed., Buenos Aires, Arbó, 1977 (original americano, McGraw-Hill, 1952). p. 6-7.
- [3] – OLIVER, B.M. & CAGE, J.M. – *Electronic measurements and instrumentation*, New York, McGraw-Hill, 1971, p. 253-4.
- [4] – ROBERGE, J.K. – *Operational amplifiers: theory and practice*, New York, John Wiley, 1957, p. 458-9.
- [5] – FRANK, E. – *Electrical measurement analysis*, Huntington, N.Y., Robert Krieger, 1977, p. 306-8. (Uma reimpressão do clássico de Frank publicado em 1959 pela McGraw-Hill).
- [6] – MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA – *Curso de engenharia: autorização, reconhecimento e funcionamento*. Brasília, M.E.C., Set. 1977.
- [7] – New meter movement offers ultimate in solidity. *Philips T. & M. News*, Eindhoven, Holanda, 7(3): 6, 1979. Uma descrição breve de instrumentos de tecnologia avançada, com bobina móvel.
- [8] – Multimeter with professional performance. *Philips T. & M. News*, Eindhoven, Holanda, 8(1): 11, 1980. Refere-se ao multímetro PM 2505 como um instrumento construído com tecnologia da década de 80.
- [9] – The analog multimeter PM 2504: A new Alternative to the DMM. *Philips T. & M. News*, Eindhoven, Holanda, 4(8): 3-4, 1976.
- [10] – New meter movement offers ultimate in solidity. *Philips T. & M. News*, 7(3): 6, 1979.
- [11] – BLANKENBURG, K.H. – Instrument rectifiers. *News from Rohde & Schwartz*, 15(71): 22-5, 1975.
- [12] – Os conceitos de Física Moderna são hoje necessários à compreensão de muitas aplicações tecnológicas, e seu ensino nos cursos de Engenharia é uma recomendação do Ministério da Educação e Cultura. Cf. Ref. [7], p. 40.

ARTIGOS

CÉLULA A DIAFRAGMA POROSO PARA A DETERMINAÇÃO DO
COEFICIENTE DE DIFUSÃO

J.C. Gubulin*
J.T. Freire*
S. Tobinaga*

GUBULIN, J. C. e outros. Célula a diafragma poroso para a determinação do coeficiente de difusão. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:35-42, 2ª sem. 1982.

Na descrição da cinética da transferência de massa, o coeficiente de difusão é um dos parâmetros mais importantes. Dentre os inúmeros métodos disponíveis para a sua determinação, a técnica da célula a diafragma poroso é uma das mais facilmente utilizáveis. Neste trabalho é apresentada uma versão simplificada deste equipamento com o objetivo de utilizá-lo em laboratório de ensino de fenômenos de transporte.

Célula a diafragma poroso. Coeficiente de difusão. Transferência de massa. Fenômenos de transporte. Difusão.

GUBULIN, J. C. and others. Porous diaphragm cell to determine the diffusion coefficient. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:35-42, 2. sem. 1982.

The diffusion coefficient is one of the best important parameters to describe the mass transport kinetic. Among others, the porous diaphragm cell is one of the easiest equipment to determine the diffusion coefficient. In this work we present a simplified porous diaphragm cell that could be used in an transport phenomena laboratory for undergraduate chemical engineers.

Porous diaphragm cell. Diffusion coefficient. Mass transport. Transport phenomena. Diffusion.

1. INTRODUÇÃO

No projeto e dimensionamento de muitos equipamentos é necessário conhecer e caracterizar os mecanismos de transferência de massa. Inúmeros são os parâmetros envolvidos na descrição destes mecanismos. Uns estão diretamente ligados ao comportamento hidrodinâmico do fenômeno enquanto que outros às propriedades físico-químicas dos constituintes presentes. Dentre estes últimos o coeficiente de difusão é o mais significativo pois o seu valor determina a rapidez da etapa difusiva da cinética de transferência.

Face à multiplicidade dos sistemas químicos nem sempre é possível encontrar na literatura dados do coeficiente de difusão, para um particular sistema de interesse. Por outro lado não existe ainda uma correlação segura para a previsão do valor deste parâmetro, sobretudo no tocante a líquidos. Fica clara, portanto, a necessidade de se utilizar a experimentação.

Com o objetivo de apresentar ao aluno o problema, estamos explorando didaticamente o fenômeno, apresentando uma versão simplificada da célula a diafragma poroso.

Dentre os métodos disponíveis, parece-nos que a célula a diafragma poroso é a mais indicada, pela simplicidade de seus dispositivos, facilidade de manipulação e rapidez na obtenção dos dados experimentais. Melhores resultados só são obtidos com técnicas altamente sofisticadas e custosas como, por exemplo, os métodos interferométricos.

* Departamento de Engenharia Química. Universidade Federal de São Carlos.

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS

No caso da difusão binária unidirecional de um sistema contendo as espécies químicas A e B a equação de fluxo, para o componente A é dada por:

$$N_A = -CD_{AB} \frac{dX_A}{dy} + X_A (N_A + N_B) \quad (1)$$

Uma equação análoga é escrita para o componente B, onde

N_A, N_B : fluxo molar da espécie A e B respectivamente, medidos com relação a eixos fixos [$\text{moles} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]

X_A : fração molar da espécie A

C : concentração total da solução [$\text{moles} \cdot \text{m}^{-3}$]

y : coordenada espacial [m]

D_{AB} : coeficiente de difusão [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

Na equação (1) temos

$X_A (N_A + N_B)$: fluxo devido ao movimento global do fluido

$-CD_{AB} \frac{dX_A}{dy}$: fluxo resultante da difusão molecular

Considerando o fluido estagnado e sem variação local do volume molar temos:

$$X_A (N_A + N_B) = 0 \quad (2)$$

e resulta para a equação (1)

$$N_A = -D_{AB} \frac{dC_A}{dy} \quad (3)$$

onde

C_A : concentração molar da espécie A [$\text{moles de A} \cdot \text{m}^{-3}$].

Relação conhecida como primeira lei de FICK¹.

3. CÉLULA A DIAFRAGMA POROSO

Este método foi introduzido por NORTHROP e ANSON².

A idéia fundamental é de minimizar os efeitos de vibração, confinando a difusão nos poros de um diafragma poroso (vidro sinterizado). A difusão ocorre então no interior do diafragma, considerado como sendo uma multiplicidade de poros de comprimento L e de área total A , entre dois compartimentos preenchidos com diferentes concentrações.

Se os compartimentos são suficientemente grandes, comparados com o volume de poros do diafragma, as concentrações em cada um deles varia, lentamente, de sorte que o perfil de concentrações no interior do diafragma poroso é praticamente constante, na duração da experiência.

Os compartimentos devem ser continuamente agitados, para que se mantenha uniformidade de concentrações. O esquema clássico da célula é mostrada na figura 1.

O diâmetro dos poros do diafragma deve ser suficientemente pequeno para que a difusão não seja perturbada pela agitação e suficientemente grande, com relação às dimensões das

moléculas, para que o transporte ocorra por difusão molecular. Poros da ordem de 5 microns atendem perfeitamente a estas condições.

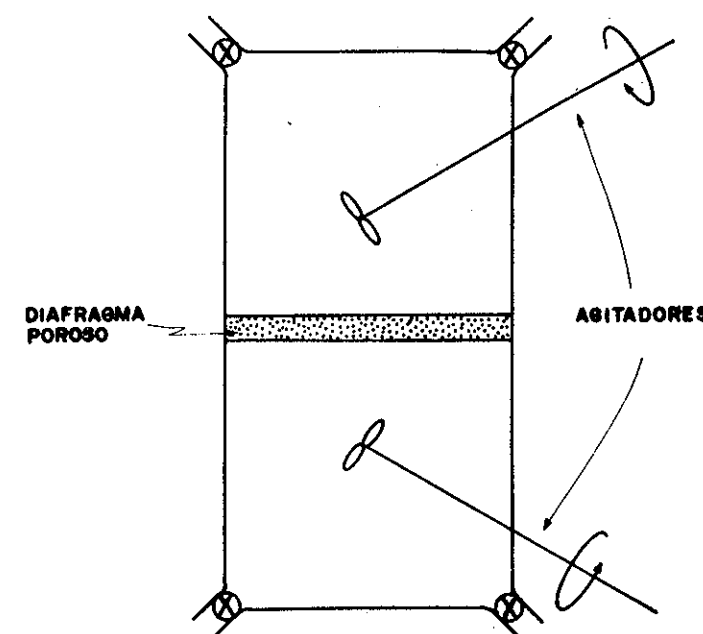


Fig. 1 - Esquema da célula a diafragma poroso.

3.1 Cálculo do Coeficiente de Difusão

Sejam V_1 e V_2 os volumes dos compartimentos da célula e C_1 e C_2 as concentrações respectivas (tomando como referência a espécie química A).

A variação de volume no compartimento 1 no tempo dt é dada por:

$$V_1 \frac{dC_1}{dt}$$

igual ao fluxo de massa que cruzou o diafragma poroso indo em direção ao compartimento 2. Este fluxo é dado por:

$$-D_{AB} A \frac{dC}{dy}$$

Por continuidade este será o fluxo penetrando no compartimento 2 onde a variação de massa no tempo dt será:

$$-V_2 \frac{dC_2}{dt}$$

e temos:

$$V_1 \frac{dC_1}{dt} + D_{AB} A \frac{dC}{dy} = 0 \quad (4)$$

$$V_2 \frac{dC_2}{dt} - D_{AB} A \frac{dC}{dy} = 0 \quad (5)$$

Façamos agora as seguintes hipóteses:

- A cada instante, o fluxo difusional é constante em todos os níveis do diafragma (regime quase-estacionário);
- O coeficiente de difusão é constante e igual a D ,

então

$$\frac{dC}{dy} = \frac{C_1 - C_2}{L} \quad (6)$$

e resulta

$$V_1 dC_1 + D \frac{A}{L} (C_1 - C_2) dt = 0 \quad (7)$$

$$V_2 dC_2 - D \frac{A}{L} (C_1 - C_2) dt = 0 \quad (8)$$

rearranjando temos

$$\frac{dC_1}{C_1 - C_2} + D \frac{A}{L} \frac{1}{V_1} dt = 0 \quad (9)$$

$$\frac{dC_1}{C_1 - C_2} - D \frac{A}{L} \frac{1}{V_2} dt = 0 \quad (10)$$

subtraindo membro a membro estas duas últimas equações temos:

$$\frac{d(C_1 - C_2)}{C_1 - C_2} + D \frac{A}{L} \left(\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} \right) dt = 0 \quad (11)$$

agrupando os termos geométricos em uma constante obtemos:

$$\beta = \frac{A}{L} \left(\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} \right) \quad (12)$$

em que β é denominado "constante da célula".

Assim, a equação (11) resulta

$$d \ln (C_1 - C_2) = -\beta D dt \quad (13)$$

Integrando a equação (13) entre o instante inicial $t = 0$ em que as concentrações são C_{10} e C_{20} respectivamente e o instante final t em que as concentrações são C_{1f} e C_{2f} respectivamente, temos:

$$\ln \left[\frac{C_{1f} - C_{2f}}{C_{10} - C_{20}} \right] = -\beta D t \quad (14)$$

Para a aplicação desta equação deve-se zelar para que C_{10} e C_{20} sejam próximas de C_{1f} e C_{2f} garantindo assim a hipótese de regime quase-estacionário.

3.2 Dispositivo Experimental

Na figura 2, é mostrado um esquema da célula que construímos. Sua principal característica é a utilização de uma membrana porosa em substituição ao meio poroso de vidro sinterizado. Nas células convencionais esta substituição foi feita por filtros "millipore" tendo excelente desempenho e boa resistência mecânica. A grande dificuldade técnica na construção das células está na fabricação e acoplamento dos agitadores, tarefa nem sempre executada satisfatoriamente.

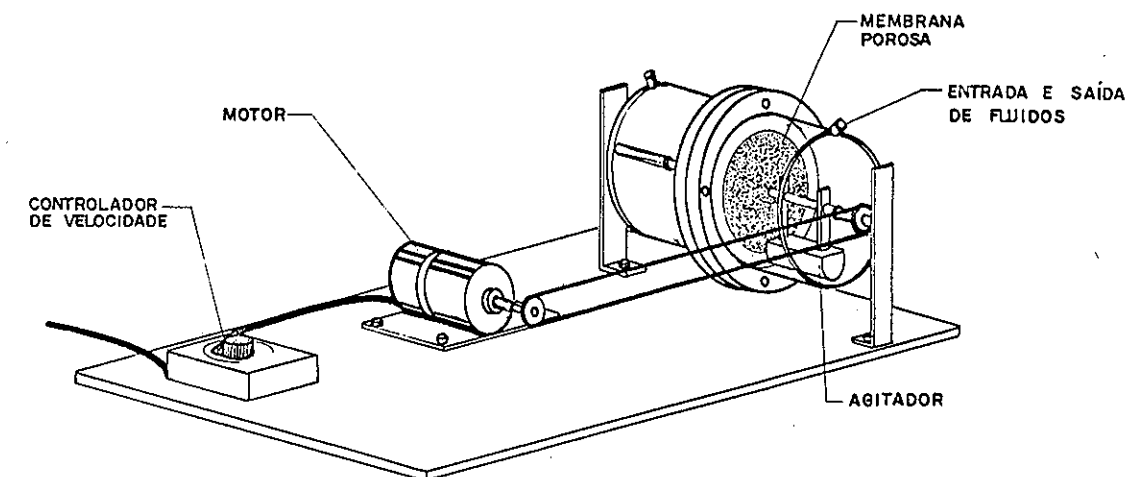


Fig. 2 - Célula a diafragma poroso.

Na célula apresentada, a agitação é feita através de pêndulos não existindo assim a necessidade da introdução de agitadores, pelas paredes da célula.

A célula é construída em acrílico tendo cada um dos compartimentos um semi-eixo onde estão alocados os pêndulos. Estes semi-eixos são solidários à célula e atravessam a sua parede externa, para a fixação em dois ponteiros, permitindo sua rotação. Externamente à célula, em um dos semi-eixos, existe uma polia que recebe a transmissão de movimento vinda de um motor. Assim, imprimindo-se à célula um movimento de rotação se tem intensa agitação nos compartimentos, pela ação conjugada dos pêndulos, que permanecem na vertical. Os pêndulos são de acrílico revestindo um bloco de chumbo na parte inferior (em sua nova versão os pêndulos serão construídos em aço inox e a célula será termostatizada).

3.3 Operação do Dispositivo

Para a determinação do coeficiente de difusão necessita-se do conhecimento das concentrações iniciais em cada compartimento, da duração da experiência e das concentrações finais.

As operações são as seguintes:

- preparação e degaseificação das soluções C_{10} e C_{20} ;
- posicionamento da célula na horizontal e preenchimento de um dos compartimentos;
- posicionamento da célula na vertical deixando em baixo o compartimento já preenchido;
- retirada, com seringa, da solução que possivelmente tenha passado para o compartimento superior, quando do preenchimento do inferior;
- preenchimento do compartimento superior;
- ajuste da célula no suporte;
- acionamento do motor e do início da contagem do tempo;

- h) ao término do tempo escolhido, posicionamento da célula na vertical e tomada de amostra suficiente para análise (coleta-se do compartimento superior);
i) inversão da célula na vertical e retirada de amostra para análise.

A análise das concentrações vai depender essencialmente, das propriedades físico-químicas do sistema estudado e das condições favoráveis de que se dispõe em termos de equipamento. Neste trabalho, dois foram os sistemas binários estudados:

- I – Cloreto de potássio – água
II – Cloreto de sódio – água

As concentrações em ambos os casos foram determinadas por condutimetria. A figura 3, mostra as curvas de calibração para a faixa de concentração do nosso interesse.

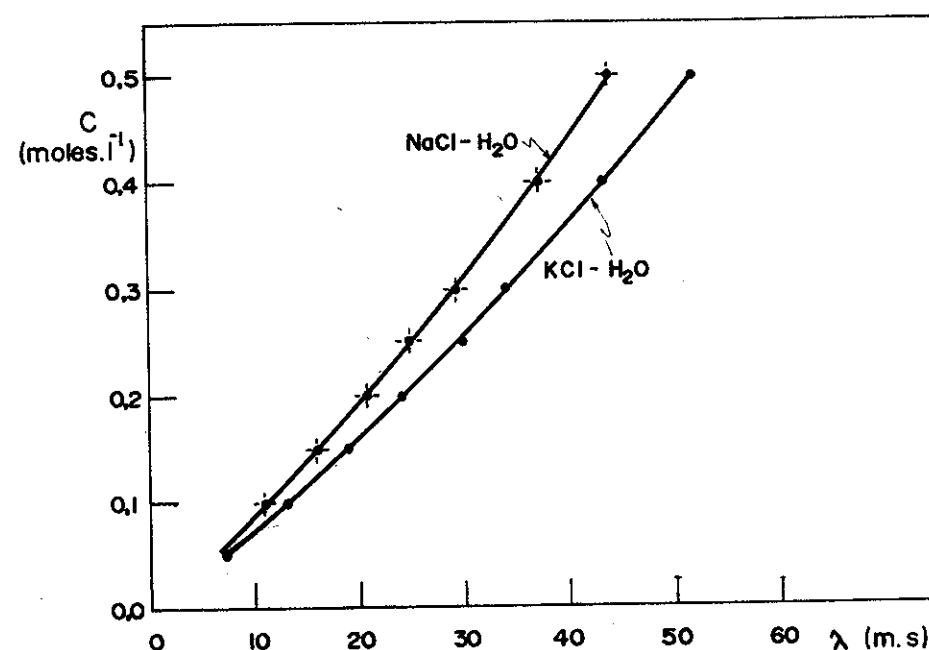


Fig. 3 - Curvas de calibração para os sistemas estudados.

3.4 Efeito da Camada Limite

A agitação nos compartimentos tem como função uniformizar a concentração, entretanto, a turbulência desenvolvida no seio do compartimento diminui nas proximidades das paredes da célula com a formação de uma camada limite, cuja espessura depende, basicamente, das propriedades físico-químicas do sistema, da geometria da célula e da intensidade da agitação promovida.

Nesta camada limite hidrodinâmica a transferência de massa se faz por difusão molecular. Assim, a camada limite formada nas vizinhanças do diafragma poroso terá como fator adverso um aumento do caminho difusional das espécies químicas.

Para se eliminar esta perturbação torna-se necessário selecionar a velocidade dos agitadores, no sentido de que a espessura da camada limite seja desprezível em comparação com aquela do diafragma poroso.

Para determinação da mínima rotação, por minuto, dos agitadores (da célula em nosso caso) satisfazendo as condições de dedução da equação (14) sugerimos o traçado do gráfico de $-\beta D$ contra ω cuja forma é mostrada na figura 4, onde se constata que, a partir de ω_m se tem β praticamente constante, como previsto na dedução da equação (14).

A experiência descrita independe do valor do coeficiente de difusão, uma vez que o mesmo é considerado constante.

Para sistemas de soluções aquosas ou sistemas no qual a viscosidade difere pouco daquela da água, uma rotação de 300 ciclos por minuto satisfaz amplamente.

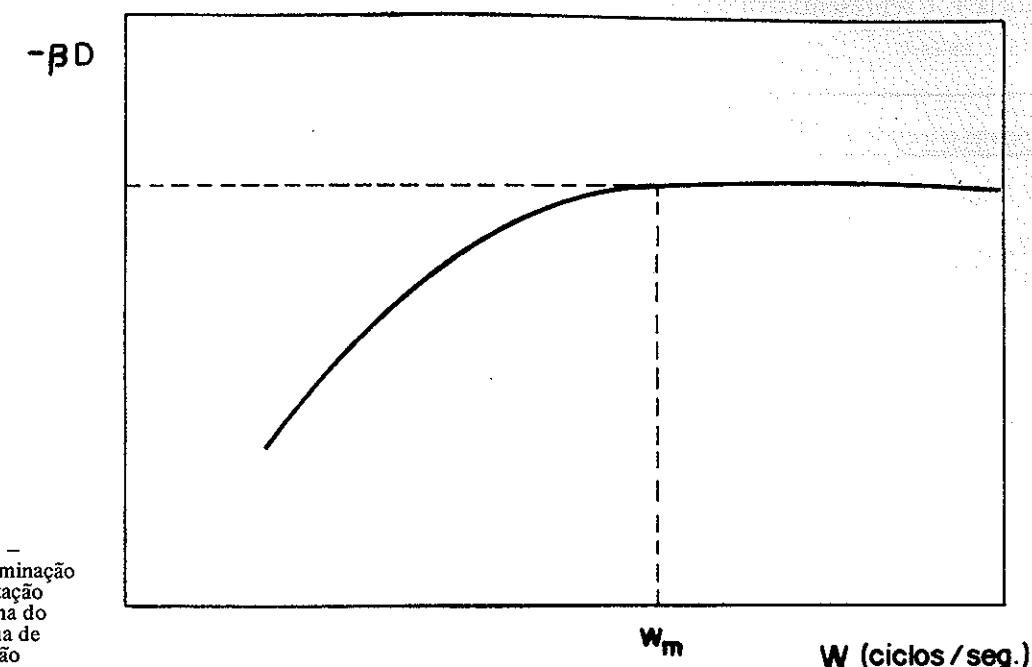


Fig. 4 - Determinação da rotação mínima do sistema de agitação

3.5 Determinação da Constante da Célula

A constante β é uma propriedade geométrica da célula, como definida pela equação (12) e pode ser determinada a partir de algum sistema químico para o qual se conhece o valor do coeficiente de difusão. Para o seu cálculo utiliza-se a equação:

$$\beta = -\frac{1}{Dt} \ln \left[\frac{C_{1f} - C_{2f}}{C_{10} - C_{20}} \right] \quad (15)$$

Na determinação de β escolhemos o sistema cloreto de potássio – água a 25°C por ser um sistema bastante estudado. A figura 5, mostra os dados obtidos por WOOLF e TYLLEY³.

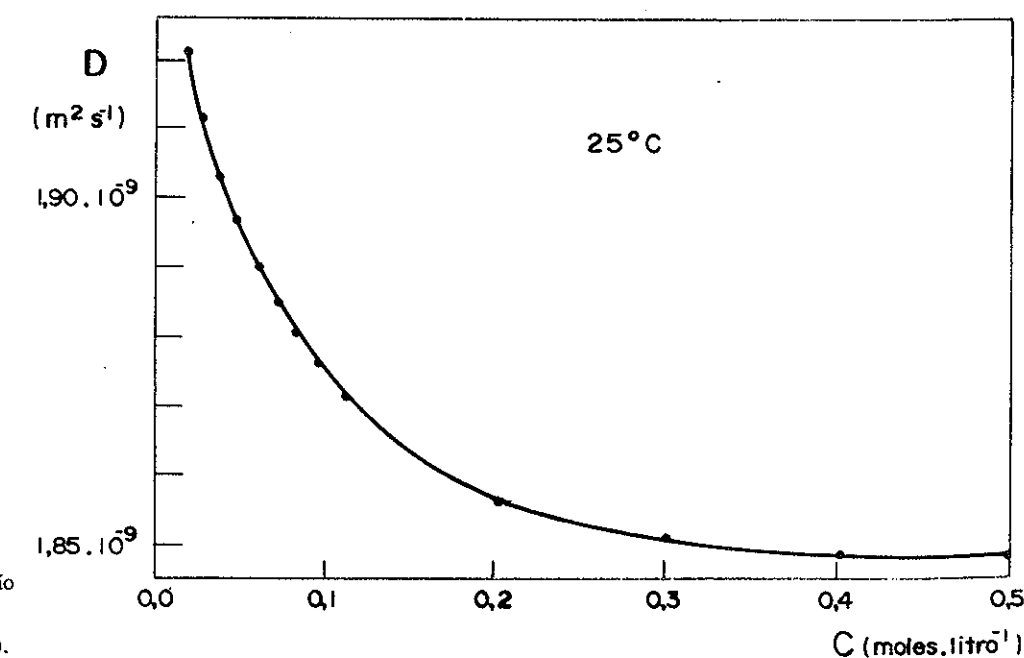


Fig. 5 - Variação do coeficiente de difusão em função da concentração para o sistema KCl - H₂O (3).

A tabela 1, é representativa das experiências realizadas para a determinação de β .

TABELA 1

SISTEMA CLORETO DE POTÁSSIO – ÁGUA					
C_{10} ($\frac{\text{moles}}{\text{litro}}$)	C_{20} ($\frac{\text{moles}}{\text{litro}}$)	C_{1f} ($\frac{\text{moles}}{\text{litro}}$)	C_{2f} ($\frac{\text{moles}}{\text{litro}}$)	D ($\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$)	t (h)
0,500	0,200	0,480	0,225	$1,85 \cdot 10^{-9}$	3
$\beta = 8,13 \cdot 10^3 \text{ m}^{-2}$					

3.6 Determinação do Coeficiente de Difusão

Finalmente, para verificar se a célula se comportava bem na obtenção de coeficientes de difusão tentamos prever seu valor para o sistema cloreto de sódio-água, para o qual conhecíamos o valor experimental a 25°C obtidos por FIRTH et al⁴ e STOKES⁵.

A Tabela 2, é representativa das experiências realizadas para a determinação de D .

TABELA 2

SISTEMA CLORETO DE SÓDIO – ÁGUA					
C_{10} ($\frac{\text{moles}}{\text{litro}}$)	C_{20} ($\frac{\text{moles}}{\text{litro}}$)	C_{1f} ($\frac{\text{moles}}{\text{litro}}$)	C_{2f} ($\frac{\text{moles}}{\text{litro}}$)	β (m^2)	t (h)
0,500	0,200	0,490	0,220	$8,13 \cdot 10^3$	3
$D = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$					

Tendo em vista que o valor experimental obtido por outros autores é $D = 1,475 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ podemos concluir que nossos desvios são relativamente pequenos.

4. CONCLUSÃO

O objetivo que procurávamos foi plenamente alcançado, qual seja, dotar o laboratório de fenômenos de transporte de um equipamento didático simples, porém eficiente, para a determinação do coeficiente de difusão.

Agradecimentos

Os autores externam a sua gratidão ao professor A. Cláudio Habert da COPPE/UFRJ pela construção da membrana porosa utilizada neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] – BIRD R. B., STEWART W. E. e LIGHTFOOT E. N. *Fenômenos de transporte*. Editorial Reverté S/A, 1975.
- [2] – NORTHROP J. N. e ANSON M. L., *J. Gen. Physiol.*, 12, p. 543, (1928).
- [3] – WOOLF L. A. e TILLEY J. F., *J. Phys. Chem.*, 72, p. 1962, (1967).
- [4] – FIRTH J. G. e TYRREL H. J. V., *J. Chem. Soc.*, II, p. 2042, (1962).
- [5] – STOKES R. H., *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, p. 2243, (1950).

ARTIGOS

CURSO DE METODOLOGIA DO ENSINO DE ENGENHARIA: UMA EXPERIÊNCIA EM DESENVOLVIMENTO

Tania Fischer*
Luiz P. Calôba**

FISCHER, Tania & CALÔBA, Luiz P. Curso de metodologia do ensino de engenharia: uma experiência em desenvolvimento. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:43-48, 2º sem. 1982.

Proposta para um curso de metodologia do ensino específico para a área de Engenharia. O curso é essencialmente aplicado e discute as metodologias usuais na área bem como outras metodologias de ensino que poderiam encontrar aplicação na Engenharia. Entretanto, o seu objetivo principal é obter um reposicionamento do professor face a disciplina que leciona dentro do contexto curricular, e não apenas um acrescentamento de técnicas didáticas àquelas que já utiliza. São relatados os resultados da aplicação do curso em dois centros de ensino de Engenharia, sendo o primeiro situado em uma universidade federal de médio porte (UFPB, João Pessoa) e o segundo em uma escola isolada de uma universidade estadual de grande porte (EESC/CETEPE/USP).

Ensino de Engenharia. Metodologia (experiência).

FISCHER, Tania & CALÔBA, Luiz P. Course of teaching methodology in engineering: an experiment. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:43-48, 2. sem. 1982.

Proposal for a course on learning methodology specifically to the area of engineering. The course is essentially applied and discusses the usual methodologies in the area as well as other methodologies which could be useful in engineering. However, the main objective is to obtain a new position for the professor within the course he teaches in the curricular context, and not only to improve his didactic techniques. The results of the application of the course in two engineering schools – a medium size federal university (Universidade Federal da Paraíba, UFPB, João Pessoa) and an isolated engineering school of a large state university (Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, EESC/CETEPE/USP), are presented.

Teaching methodology. Engineering.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Por que um curso de metodologia de ensino de engenharia?

Adota-se como pressuposto básico que cada área do conhecimento apresenta natureza e estrutura próprias decorrentes da evolução da ciência e da tecnologia. Para King e Brownell (1976) da natureza e estrutura de cada campo emergem direções metodológicas que conferem especificidade dos atos de ensinar e aprender. Neste sentido, crê-se que cada área deve criar e fortalecer as metodologias de ensino que lhes sejam peculiares. Assim sendo, acredita-se que as estratégias de desenvolvimento docente utilizadas na capacitação de professores de engenharia deverão respeitar a característica básica da área, qual seja, ser uma área essencialmente aplicada onde a tarefa do engenheiro é, sobretudo, a identificação, modelagem e solução de problemas.

1.2 Engenharia e Ensino de Engenharia

O procedimento usual em Engenharia é, a partir do fenômeno a ser estudado, criar um modelo para o mesmo e resolver este modelo usando um procedimento técnico-matemático. Verifica-se, então, que o ensino de Engenharia envolve pelo menos dois enfoques distintos: o primeiro é a aquisição do ferramental técnico-matemático formal e dedutivo, que é usado

* Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

** Coordenação de Programa de Pós-Graduação em Engenharia. COPPE/UFRJ.

na resolução do modelo. O outro, talvez o mais importante e que caracteriza a Engenharia, é a sensibilidade prática necessária à criação do modelo que deve representar bem o fenômeno nas condições de trabalho, mantendo a máxima simplicidade matemática possível. Para isto, é necessário que os cursos dotem o engenheiro em formação de um ferramental teórico e sensibilidade prática de tal forma que permita criar os modelos adequados a cada situação e resolvê-los. Além destes conhecimentos, o engenheiro deve ter também conhecimentos de Ciências Sociais envolvendo, principalmente, Economia e Administração e de Ciências do Ambiente. Questiona-se se os currículos não devem ser também integrados por Sociologia Industrial e Psicologia Social.

Ao longo da formação, o ensino é desenvolvido em nível teórico, experimental e aplicado à Engenharia, sendo estes níveis integrados nas disciplinas ou linhas curriculares, embora no início dos cursos haja uma predominância do ensino teórico e experimental e, ao final, predomine o ensino aplicado. Coerente com isto a organização curricular dos cursos preconizados pelo CFE em publicação do MEC/DAU (1977) prevê disciplinas básicas, de formação geral (comuns a todos os cursos de engenharia), de formação profissional geral e de formação profissional específica. Tal estrutura curricular leva a crer que a organização das disciplinas dos cursos de Engenharia deve envolver diferentes metodologias em função das capacitações que se pretenda desenvolver, considerando-se a posição da disciplina no contexto do curso. Assim, o ensino de laboratório é quase indispensável ao ensino experimental e o projeto de fim de curso (adotado em um grande número de cursos) é um instrumento de aplicação eficaz dos conhecimentos adquiridos à Engenharia.

Portanto, um curso de metodologia de ensino de Engenharia deve ser suficientemente aberto para considerar uma ampla gama de metodologia de ensino-aprendizagem (ou modos e meios de ensino) analisando e criticando o emprego das mesmas onde são usuais e sugerindo novos empregos e novas metodologias passíveis de aplicação na área.

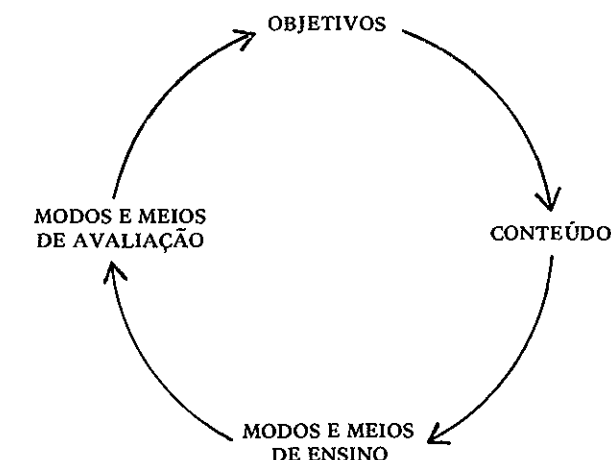
1.3 As Disciplinas de Engenharia no Contexto Curricular e a Função do Plano de Ensino

Além da consideração da natureza e estrutura da área, o que se objetiva no curso é um reposicionamento do professor face à disciplina que leciona e não apenas um acrescentamento de técnicas didáticas àquelas que ele já utiliza. Para que o professor se reposicione em relação à sua disciplina cabe examinar o próprio conceito de disciplina em um contexto curricular.

Segundo Bellack (1974), "as disciplinas não constituem uma coleção ordenada de formas de conhecimento fixas e tradicionais. São estruturas de investigação e compreensão que surgem do processo contínuo do desenvolvimento científico". Deste modo, as disciplinas não são o conhecimento em estado puro, mas a experiência acumulada em um campo de estudos particular, organizada com vistas à aprendizagem. Portanto, ao se planejar uma disciplina, não se pode perder de vista que a mesma se situa em um dado contexto curricular e, juntamente com as demais disciplinas de um curso, objetiva a formação de um determinado profissional. Assim, ao se planejar uma disciplina, deve-se levar em conta, primeiramente, que objetivos tem o curso como um todo, ou seja, que profissional se deseja formar. Deve-se verificar também a posição da disciplina no currículo da Instituição: em que nível de matérias está localizada e em que ciclo está a mesma integrada. Cabe então o desencadeamento do processo de planejamento da disciplina.

Dois elementos básicos são considerados na organização de um curso: os objetivos, que orientarão a aprendizagem, e os conteúdos, que determinarão a abrangência da disciplina e sua natureza. A partir da delimitação da área de conteúdo (ou matéria de ensino) a ser envolvida pelo curso, definem-se objetivos a serem atingidos, discrimina-se o conteúdo em unidades, tópicos ou temas, selecionam-se modalidades de ensino-aprendizagem compatíveis com a natureza da matéria e estilo de ensino do professor e se estabelecem condições e critérios de avaliação da aprendizagem.

Neste momento, fecha-se um ciclo, pois há um retorno aos objetivos de aprendizagem que serão avaliados em sua consecução. O professor terá, assim, elementos para julgar o desempenho do aluno e o seu próprio desempenho como organizador de condições de aprendizagem.



Considerando a importância do processo de planejamento de ensino que tem o plano como o seu resultado formal, optou-se por desenvolver o curso de metodologia do ensino de Engenharia centrado na elaboração do plano de ensino das disciplinas que os professores lecionam.

2. DESENVOLVIMENTO

Como se deseja trabalhar com a realidade de ensino de Engenharia no país, levantou-se experiências de ensino junto a diversas instituições brasileiras, por meio de entrevistas com professores representativos da área. Foi também coletado material de divulgação de experiências de ensino nacionais e estrangeiras em publicações especializadas.

A primeira versão do curso foi organizada por um engenheiro e uma pedagoga que aplicaram o plano em duas instituições e introduziram modificações já na segunda experiência, com base nos resultados da primeira.

2.1 Estrutura do Curso

2.1.1 Objetivos

Geral

Capacitar professores dos cursos de Engenharia a organizar planos de ensino e a desenvolver situações de ensino-aprendizagem considerando a natureza da área, as condições de estrutura e funcionamento dos cursos e as perspectivas para o ensino de Engenharia no Brasil.

Específicos

- Analisar a função social do engenheiro e os problemas de profissionalização do engenheiro no Brasil;
- Analisar a natureza da área de Engenharia e as características de ensino desejáveis para a mesma;
- Caracterizar o currículo como instrumento de formação profissional;
- Identificar a disciplina como unidade operativa do currículo;
- Elaborar ementa de disciplina;
- Discriminar componentes de um plano de ensino;
- Formular objetivos de aprendizagem;
- Selecionar e organizar conteúdos de ensino;
- Selecionar e organizar modalidades de ensino — aprendizagem apropriados à natureza do ensino de Engenharia tais como: aula expositiva e de demonstração, ensino por projeto/pesquisa, ensino individualizado, seminário e estudo de caso, tutoria e estágio.

- j) Identificar tipos e momentos de avaliação;
- l) Selecionar modos e meios de avaliação;
- m) Identificar e discutir alternativas de educação continuada para engenheiros graduados no Brasil.

2.1.2 Modos de Desenvolvimento

O curso inicia com a aplicação de um instrumento de auto-diagnóstico de capacitações para que os participantes identifiquem em que nível se encontram em relação aos objetivos específicos propostos. Ao final, este mesmo instrumento é aplicado com vistas a auto-avaliação dos participantes e avaliação do curso.

As atividades do curso desenvolvem-se em cinco dias úteis, com atividades de grande grupo, pequenos grupos e trabalho individualizado com assessoramento. A tarefa básica do participante do curso é a elaboração ou a reelaboração de seu plano de ensino e esta tarefa cataliza as discussões mais amplas sobre as condições de profissionalização do engenheiro no País, a adequação dos cursos de Engenharia a este contexto e sobre o processo ensino-aprendizagem em Engenharia.

Parte-se do levantamento e discussão dos problemas dos cursos de Engenharia das instituições participantes questionando-se o profissional que se está formando e sua interação com a sociedade. Examina-se, a seguir, um quadro de referência sobre natureza e estrutura do conhecimento em Engenharia, discutindo-se as características do ensino que seriam desejáveis para a mesma.

Apresenta-se o conceito de currículo como instrumento de formação profissional, de ciclo e linha curricular, posicionando-se a disciplina no contexto do currículo das instituições. A disciplina é identificada como uma unidade operativa do currículo, tendo funções específicas e relações com as demais, especialmente se as disciplinas integrarem uma mesma linha curricular. É então proposto aos participantes um exercício de redação de ementas e solicita-se que elaborem a ementa de sua disciplina.

A seguir, discriminam-se os componentes de um plano de ensino, trabalhando-se, especialmente, objetivos, conteúdos, modos e meios de ensino e de avaliação. O participante utiliza, então, o Guia de Organização de Planos de Ensino de Engenharia, onde se faz uma conceituação de cada componente e se apresentam exemplos retirados de planos de ensino reais.

Examina-se conceituação e níveis de objetivos e critérios para seleção e organização de conteúdo. Solicita-se aos participantes que formulem objetivos para a sua disciplina, gerais e específicos, selecionem e organizem o conteúdo da mesma, atendendo a critérios de coerência com o currículo, de consideração da estrutura da matéria em questão e do nível de desenvolvimento do aluno. Por outro lado, entende-se que as estratégias e táticas de ensino que o professor utiliza para que o aluno aprenda podem se concretizar em uma ampla gama de modalidades de ensino-aprendizagem. A escolha das mesmas será determinada pelo que se quer obter como resultado da aprendizagem, pela natureza da matéria de ensino e pelo estilo de atuação do professor.

As modalidades de ensino-aprendizagem podem ser mais ou menos ativas, mais ou menos complexas, utilizarem ou não recursos instrucionais. Cabe ao professor e alunos decidirem sobre sua conveniência em cada circunstância. Dentre as modalidades mais utilizadas no ensino de Engenharia destacam-se: aula expositiva, aula de demonstração, ensino de laboratório, ensino por projeto/pesquisa e estágio, embora outras modalidades possam ser utilizadas e mesmo criadas para cada situação. No curso, apresenta-se um material de informação sobre cada modalidade e relatos de experiências de aplicação de algumas delas. No caso de aula expositiva e de demonstração, desenvolvem-se algumas micro-aulas que os participantes preparam, que são assistidas e comentadas pelos demais. O tutoramento é uma alternativa a ser considerada no caso de turmas grandes, o que normalmente ocorre nas disciplinas básicas, de formação geral e de formação profissional geral. O ensino individualizado pode ser visto também como um importante recurso em disciplinas de formação profissional específica que

se caracterizem como áreas de pouca procura por parte do alunado. Tutoramento e ensino individualizado podem ser desenvolvidos integralmente.

Buzdvgan (1978) em coletânea de experiências internacionais de ensino de Engenharia, apresenta ainda outras alternativas de ação docente/discente para a área. Dentre as modalidades de ensino que se julga interessante introduzir no ensino de graduação em Engenharia estão o seminário e o método de casos, conforme a natureza da matéria e os objetivos pretendidos. O primeiro seria utilizado para discussão de temas que admitam soluções variadas e em turmas pequenas; já o segundo poderia ser utilizado na formulação de modelos ou discussão dos mesmos.

Todas as modalidades mencionadas são discutidas no curso quanto a efetividade e viabilidade nas condições de ensino que a instituição oferece e os participantes selecionam as modalidades mais adequadas à disciplina que estão planejando. Por outro lado, estimula-se o relato e a discussão de experiências locais pelos professores. Discute-se, igualmente, o uso de recursos instrucionais como desenhos, filmes, transparências, pessoas-fonte, locais de visita e material de laboratório e se definem os recursos necessários ao desenvolvimento do plano.

A avaliação é abordada como o processo pelo qual se determina o alcance dos objetivos da disciplina. Antes do ensino tem uma perspectiva diagnóstica; acompanhando o processo de ensino-aprendizagem, durante o desenvolvimento, possibilita ao professor identificar necessidades de corrigir o curso do trabalho para que os alunos efetivamente atinjam os objetivos previstos; e em caráter classificatório, feita ao final da disciplina, possibilita tanto a verificação do rendimento final do aluno quanto da atividade do professor. A avaliação pode ser realizada por meio de testes objetivos e de resposta livre, observação e entrevista, para citar algumas formas aplicáveis ao ensino de Engenharia. Domínio de conceitos e princípios e nível de desenvolvimento da habilidade de solucionar problemas podem ser aferidos por testes. O desenvolvimento de atividades em laboratório pode ser avaliado por observação, usando-se listas de verificação e escalas ou por meio de relatórios; resultados de atividades em projetos ou estágios podem também ser obtidos por observação ou relato. A discussão destes elementos levou os participantes do curso a expressar no plano de ensino as condições e critérios, formas, momentos e o peso das atividades de avaliação.

Ao final do plano de ensino os professores previram bibliografia e outras fontes de informação, ou seja, pessoas e instituições que possam contribuir para a consecução dos objetivos de aprendizagem.

Concluindo o curso, discutiu-se o tema educação continuada para engenheiros no Brasil e se solicitou aos participantes uma avaliação oral e escrita deste curso como projeto de educação continuada.

2.1.3 Materiais de Ensino

Os materiais de ensino utilizados no curso foram o plano de ensino que os participantes estão desenvolvendo, um Guia para Elaboração de Planos de Ensino de Engenharia, organizado especialmente para o curso com exemplos das diferentes áreas, textos informativos sobre cada modalidade de ensino e resumos de artigos relatando experiências de ensino nacionais e estrangeiras em Engenharia. Outros materiais usados foram textos de reflexão sobre a perspectiva histórica da profissão de engenheiro no País e sobre a função social do engenheiro.

3. RESULTADOS

Os resultados do curso podem ser aferidos em duas instâncias:

- a) Aproveitamento dos alunos quanto ao desenvolvimento de capacitações docentes;
- b) Efetividade do curso como projeto de treinamento docente.

O desenvolvimento de capacitações docentes pode ser verificado pela resposta ao instrumento de diagnóstico de capacitações, aplicado antes e depois do desenvolvimento do curso nas duas oportunidades em que o mesmo foi realizado. A quase totalidade dos participantes

julgou ter atingido níveis mais altos de desempenho quanto aos objetivos previstos. Por outro lado, a apreciação dos planos de ensino elaborados ou reelaborados pelos professores revelou que os mesmos atingiram níveis satisfatórios de organização destes planos.

Como projeto de treinamento docente, o curso não pode ser ainda avaliado, por ter sido aplicado em apenas dois grupos. Porém, algumas melhorias já foram introduzidas em seu desenvolvimento; julgou-se necessário ampliar o tempo de assessoramento individual a elaboração de planos de ensino e dar um espaço maior ao relato de experiências locais após a avaliação da primeira experiência. Na segunda, foi muito valorizada pelos participantes a apresentação de micro-aulas de demonstração pelos próprios membros do grupo. Julgou-se necessário também, enriquecer mais os materiais do curso com exemplos de material de avaliação de ensino de Engenharia, (testes, listas de observação, escalas).

Concluindo pode-se dizer que, embora as disposições do plano de ensino do curso tenham se cumprido satisfatoriamente, considera-se a experiência ainda em desenvolvimento, devendo o curso ser repetido com grupos de outras regiões do país e com características organizacionais diferentes.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Considerando os resultados do curso, pode-se concluir que é possível organizar e desenvolver um curso de metodologia de ensino de Engenharia desde que:

- O esquema de desenvolvimento do curso considere a natureza e a estrutura da área de Engenharia;
- Tenha como ponto focal a disciplina que o professor leciona e se reflita sobre a articulação da mesma com as demais disciplinas do currículo e sobre a orientação do currículo da Instituição;
- A programação inicie com o questionamento da posição do engenheiro na sociedade e das condições de formação que esta sociedade exige;
- Sejam examinadas metodologias já utilizadas em Engenharia e indicados novos empregos às metodologias utilizadas em outras áreas que sejam compatíveis com o ensino de Engenharia;
- Seja realizado um trabalho prático (o plano) em função da disciplina que o professor vai lecionar, o que também implica na conveniência do desenvolvimento do curso antes do período letivo;
- Favoreça-se a discussão dos problemas de ensino locais, tanto do curso quanto da Instituição, e estimule-se a comunicação de experiências de ensino locais pelos participantes;
- Haja apoio institucional à realização do curso de modo que os professores participantes possam introduzir mudanças efetivas no ensino.

Em vista dos resultados, acredita-se que um curso desta natureza possa contribuir para o desenvolvimento de capacitações docentes e para a melhoria do ensino de Engenharia. Enfatiza-se o aspecto de que esta experiência está em desenvolvimento pois, a cada nova aplicação, o esquema básico do curso sofrerá readaptações, assim como os materiais de ensino.

5. BIBLIOGRAFIA PRINCIPAL

- Bellack, Arno A. e Elam. Stanley, *La educación y la estructura del conocimiento*. Buenos Aires, El Ateneo, 1974.
- Buzdvgan, Goerge — *Moderne Methoden und Hiefsmittel der Ingenieurausbildung*. Technische Hochschule Darmstadt, 1978.
- King, Arthur R. — *The curriculum and the disciplines of knowledge*. New York, John Wiley e Sons Inc. 1976.
- MEC/DAU — *A nova concepção do ensino de engenharia no Brasil*. Brasil, 1977.

COMUNICAÇÕES

RECOMENDAÇÕES SOBRE O ENSINO DA MATÉRIA “FENÔMENOS DE TRANSPORTE”

Giovanni Brunello*
Marcius F. Giorgetti**
Carlos Alberto Gasparetto***

BRUNELLO, Giovanni e outros. Recomendações sobre o ensino da matéria “Fenômenos de Transporte”. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, Paulo, 2:49-53, 2ª sem. 1982.

Recomendações gerais são feitas sobre o ensino de “Fenômenos de Transporte” nas escolas de engenharia brasileiras, uma exigência curricular para todas as habilitações. Um programa detalhado é apresentado como modelo. São levantados importantes pontos relativos à qualificação do corpo docente e apresentadas algumas sugestões a órgãos ligados ao Ministério da Educação e Cultura, visando a preparação de recursos humanos.

Fenômenos de Transporte. Ensino. Estrutura curricular.

BRUNELLO, Giovanni and others. Recommendation for teaching “Transport Phenomena”. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, Paulo, 2:49-53, 2. sem. 1982.

General recommendation is presented for teaching “Transport Phenomena” in Schools of Engineering in Brazil, a curricular requirement for all engineering courses. A detailed program is offered as model. Important points concerning the desired qualification of teaching staff are made; suggestion is given for the implementation of staff training programs by departments of the Ministry of Education.

Transport Phenomena. Teaching. Curricular requirement.

1 – INTRODUÇÃO

Realizou-se em João Pessoa, PB, entre 26 e 28 de outubro de 1981, a III Reunião de Especialistas em Transporte de Calor e Massa, promovido pelo Comitê Brasileiro de Transferência de Calor e Massa e apoiada pela FAPESP, pelo CNPq e pela SESu/MEC. Em reunião anterior, realizada em Brasília, em 1980, por solicitação da Secretaria de Assuntos Universitários do MEC foi constituída uma comissão de especialistas com a tarefa de estudar o problema do ensino de Fenômenos de Transporte nas escolas de engenharia do país e elaborar recomendações visando ao seu aprimoramento; a comissão foi constituída por três membros, os três signatários deste comunicado. Seu trabalho foi submetido à apreciação e deliberação dos participantes da III Reunião de Especialistas, visando a obter contribuições e o valioso peso do seu endosso. Após grande número de discussões profícuas e construtivas e a introdução de diversas emendas, o texto que se segue foi votado e aprovado pelo plenário.

2 – RECOMENDAÇÕES GERAIS

Recomenda-se que o ensino da matéria Fenômenos de Transporte siga uma estrutura unificada, agrupando-se e tratando-se em paralelo os fenômenos que apresentam analogia física e formalismo matemático semelhante. Esse tratamento, além de evidenciar e enfatizar a fenomenologia dos mecanismos de transferência, economiza tempo, evitando as desnecessárias repetições que ocorrem quando da apresentação dos mesmos mecanismos em separado. A

* Depto. Engenharia Química, Escola Politécnica, USP

** Depto. de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, USP

*** Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, UNICAMP

analogia existente entre as transferências de Quantidade de Movimento, Calor e Massa é muito importante e deve ser explorada para facilitar a compreensão de cada mecanismo isoladamente, assim como da ocorrência simultânea de dois ou mais mecanismos diferentes de transferência.

Entende-se, porém, que devido à existência de motivos como a tradição, a estrutura local de ensino, a adequação do corpo docente, etc., muitas instituições se vêem com melhores condições de ensinar a matéria segundo uma estrutura diferente da preconizada acima. Nessas condições, a matéria tem sido coberta nos programas de disciplinas, como por exemplo, "Mecânica dos Fluidos", "Transferência de Calor", "Transferência de Massa", etc., porém, de forma tal que os Fenômenos de Transferência são apresentados em série e não em paralelo. É evidente que tais instituições não precisam modificar seu esquema de ensino para que sejam cumpridos os requisitos do currículo mínimo quanto à matéria Fenômenos de Transporte. Entretanto, mesmo enquanto nessas condições é recomendável que seja ressaltado o tratamento unificado e paralelo possível de ser dado aos tópicos que apresentam semelhança fenomenológica.

Independentemente da estrutura de ensino e do número de disciplinas utilizadas para cobrir a matéria, entende-se como de extrema necessidade a utilização de aulas práticas através das quais os alunos se convencerão da importância do procedimento experimental para o desenvolvimento dos diversos tópicos que compõem a matéria; além disso, os estudantes poderão comprovar e sedimentar aquilo que a teoria prevê ou descreve.

Outros recursos de grande interesse para o desenvolvimento satisfatório do ensino da matéria são uma bem fundamentada bibliografia e a utilização de recursos audio-visuais, principalmente filmes, que ilustram experiências de difícil realização em laboratórios didáticos pouco sofisticados.

Um outro ponto fundamental e de grande importância para despertar o interesse, motivar e desenvolver a confiança do aluno é a elaboração para apresentação durante o curso de número significativo de exemplos de aplicação da matéria Fenômenos de Transporte nas diferentes áreas da Engenharia. Nesse processo, é conveniente deixar bem evidente o encadeamento curricular a partir da matéria Fenômenos de Transporte nas diversas habilitações de engenharia oferecidas pela instituição.

3 – PROPOSTA DE INFRA-ESTRUTURA E ESTRUTURA PARA O ENSINO UNIFICADO DE FENÔMENOS DE TRANSPORTE

3.1 Pré-requisitos

São considerados indispensáveis para o bom desenvolvimento do curso, os conhecimentos de:

- a) Matemática, abrangendo os tópicos:
 - Cálculo Diferencial e Integral.
 - Geometria Analítica e Cálculo Vetorial.
 - Cálculo Numérico.
 - Equações Diferenciais Ordinárias.
- b) Física, abrangendo os tópicos:
 - Mecânica Geral.
 - Fundamentos de Termodinâmica.

3.2 Estrutura do Curso

3.2.1 Introdução

Transferência por Difusão e Advecção de:

- Quantidade de Movimento
- Calor
- Massa
- Unidades e Conceitos Fundamentais

Fenomenologia e Estrutura das Leis Básicas da Difusão:

Fluxo = Difusividade x Gradiente de Concentração

[Efeito]	Propriedade Física do Meio que (Portanto) Depende do Estado Termodinâmico	Característica do Campo de Concentrações e Causador do Efeito que é o Fluxo. Força Motriz. Potencial.
----------	--	--

3.2.2 Difusão de Calor e de Massa

Transferência de Calor por Condução

Propriedades Térmicas dos Meios Contínuos

Regime Permanente:

- Caso Unidimensional. Diferentes Geometrias.
 - a) Com propriedades físicas constantes.
 - b) Com propriedades físicas variáveis.
- Condições de Contorno
 - Com convecção. O Número de Nusselt.
 - Com radiação.
- Coeficiente Global de Troca de Calor.
- Opcionais: Casos bi e tridimensionais. Superfícies com protuberâncias: pinos, aletas. Sistemas com geração interna de energia: fontes e sumidouros.

Regime Não Permanente:

- Sistemas com Resistência Térmica Interna Desprezível.
- Sistemas com Resistência Térmica Interna Não Desprezível.
- Vantagem do Uso de Coeficientes Adimensionais.

Transferência de Massa por Difusão

Propriedades Físicas dos Meios Contínuos.

Regime Permanente:

- Difusão Equimolecular em Sistemas Binários.
- Analogia com os Casos de Transferência de Calor por Condução.
- Opcionais: Regime permanente: Analogias para Superfícies com Protuberâncias e para Sistemas com Geração Interna de Energia (Reações químicas com geração de massa).

Regime Não Permanente:

- Analogia com os Casos de Transferência de Calor por Condução.

3.2.3 Estática dos Fluidos

Equação Fundamental da Estática dos Fluidos.

Efeitos de Tensão Superficial.

Aplicação em Manometria.

Estes tópicos podem ser abordados junto com as atividades práticas.

Detalhes e aprofundamentos da estática dos fluidos podem ser deixados para outras disciplinas, por exemplo, Resistência dos Materiais, Hidráulica, Máquinas Hidráulicas, etc.

3.2.4 Difusão de Quantidade de Movimento nos Escoamentos Laminarres Isotérmicos.

Propriedades Físicas e Conceitos Fundamentais.

Efeito Dissipativo: Viscosidade e Cisalhamento.

Tipos de Resposta ao Cisalhamento: Fluidos Newtonianos e Não Newtonianos.

Efeito de uma Superfície Sólida: Conceito de Camada Limite.

Análise do escoamento em Situações Típicas Importantes:

Distribuição de Velocidades, Distribuição de Tensões de Cisalhamento, Velocidade Média, Vazão, Coeficientes de Atrito, etc., em escoamentos internos estabelecidos.

Camada Limite:

Placa Plana e Corpos Submersos; noções sobre transição e descolamento.
Dutos; região de entrada: transição da camada limite e estabelecimento dos escoamentos.

3.2.5 Formulação das Leis Básicas da Advecção de Massa, Energia e Quantidade de Movimento.

Sistemas e Volumes de Controle.

Formulação Integral das Leis Básicas (Balanços) para Volumes de Controle: Equação da Continuidade, Equação da Energia e Equação da Quantidade de Movimento.

Análise Simplificada dos Balanços Diferenciais.

Equação de Bernoulli e Equação da Energia Aplicadas para uma Linha de Corrente.

3.2.6 Análise Dimensional

Aplicação do Teorema de Buckingham a problemas de Mecânica dos Fluidos, ressaltando-se a vantajosa compactação dos artigos de informação.

3.2.7 Escoamentos Turbulentos Isotérmicos

Descrição da Turbulência.

Origem da Turbulência e Transição.

Principais Tratamentos dados à Turbulência.

Simplificações e Tratamento Prático.

Comprimento Médio de Mistura.

Distribuição de Velocidades num Escoamento Turbulento.

Escoamentos em Situações Típicas Importantes:

Distribuição de Velocidades, Distribuição das Tensões de Cisalhamento, Vazão, Velocidade Média, Coeficientes de Atrito, etc., em escoamentos internos estabelecidos.

Camada Limite:

Placa plana e Corpos Submersos; descolamento.

Dutos; região de entrada: estabelecimento dos escoamentos.

3.2.8 Transferência de Calor e de Massa por Convecção (Difusão + Advecção) em Escoamentos Laminares.

Conceito de Convecção. Coeficiente de Troca por Convecção: Coeficiente de Película.

Propriedades Físicas e Análise Dimensional.

Análise Exata do Problema de Convecção:

Análise Aproximada. Generalidades. Discussão de Resultados Típicos.

Analogias entre Transferência de Calor e Transferência de Quantidade de Movimento

e entre Transferência de Massa e Transferência de Quantidade de Movimento.

Correlações Empíricas. Escoamentos Externos e Internos.

Transferência de Calor por Convecção Natural.

3.2.9 Transferência de Calor e de Massa por Convecção (Difusão Turbulenta + Advecção) em Escoamentos Turbulentos.

Análise Aproximada.

Analogias entre Transferência de Calor e Transferência de Quantidade de Movimento e entre Transferência de Massa e Transferência de Quantidade de Movimento.

Correlações Empíricas.

Transferência de Calor por Convecção Natural.

3.2.10 Radiação Térmica.

Natureza da Radiação.

Propriedades Físicas e Definições.

Corpos Negros e Corpos Cinzentos.

Opcional: Radiação em Gases.

3.2.11 Opcional:

Fenômenos Multifásicos: Cavitação, Ebulição, Condensação.

4. QUALIFICAÇÃO DO CORPO DOCENTE

É muito importante que o corpo docente encarregado do ensino da matéria "Fenômenos de Transporte" esteja qualificado para tal missão, pois, o sucesso do curso está em suas mãos. É natural esperar-se que muitos docentes não estejam ainda preparados para ensinar certos assuntos como por exemplo Transferência de Calor e Transferência de Massa, simplesmente porque, nunca foram submetidos a um treinamento que os adequasse à tarefa. No entanto, um curso rápido, ou mesmo um seminário de reciclagem poderia dar-lhes a formação e a confiança necessárias. Tais cursos precisam ser promovidos e amparados por órgãos competentes como a CAPES e SESu, que poderão utilizar-se da infra-estrutura da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia - ABENGE, posta à disposição pela sua diretoria, e arregimentar recursos humanos e mesmo laboratórios didáticos de instituições que têm tradição no ensino de Fenômenos de Transporte para promover programas de treinamento de docentes.

COMUNICAÇÕES

UMA PROPOSTA DE REFORMULAÇÃO DA TERMODINÂMICA
APLICADA E CIÊNCIAS AFINS

B. Cimleris*

CIMBLERIS, B. Uma proposta de reformulação da Termodinâmica aplicada e Ciências afins. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:55-56, 2º sem. 1982.

Uma proposta de reestruturação curricular é apresentada para a matéria de um conjunto de disciplinas de termodinâmica aplicada. A partir de uma análise histórica, são apontados vícios e deficiências da estruturação atual. Na nova proposta, uma organização dedutiva e lógico-sistêmica é preconizada, ressaltando-se as vantagens de se poder contar com recursos humanos convenientemente formados para a administração dos recursos energéticos.

Energia. Recursos energéticos. Administração. Engenharia térmica. Engenharia energética. Termodinâmica aplicada.

CIMBLERIS, B. A proposal for the reformulation of Applied thermodynamics and connected sciences. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:55-56, 2. sem. 1982.

A new curricular structure is proposed for the subject presently covered in a group of disciplines in applied thermodynamics. Vices and deficiencies of the present structure are pointed and routed to historical origins. For the new program the method of deduction as well as a logical-systemic approach is stressed; advantages are predicted as human resources would be better prepared for the management of energy.

Energy. Energy resources. Management. Thermal engineering. Engineering of energy. Applied thermodynamics.

No currículo das nossas escolas de engenharia são comuns as disciplinas de "Termodinâmica e máquinas térmicas", "Termodinâmica e transmissão do calor", "Motores de Combustão Interna e Ar Comprimido", destinadas às especializações não-mecânicas e que constituem o curso terminal. O conteúdo destes cursos estabeleceu-se há anos, sendo tradicionalmente um agregado mecânico de breves capítulos de Termodinâmica, Transmissão de Calor, Caldeiras e ciclos de vapor, Turbinas e motores de combustão interna. A ênfase, em geral, é sobre ciclos de usinas térmicas, tal como se adotou sob a influência de especialistas em usinas nos anos 30-40. Não há uma idéia diretriz permeando esta coletânea de tópicos heterogêneos e às vezes sem interesses para o aluno. Ao mesmo tempo, não se acham incluídos os equipamentos térmicos de maior interesse e de ocorrência constante na indústria moderna, nem as máquinas que apareceram nos anos 60-70.

A revolução técnico-científica tornou a ciência o principal fator de progresso e uniu-a indissolavelmente à economia. O futuro engenheiro deve ser preparado para o encontro iminente com novos processos, novos métodos, tecnologias novas; ser motivado para a busca de soluções originais de problemas técnicos e mesmo científicos. Os nossos cursos apresentam uma estrutura indutiva e eclética, e lucrariam com a mudança desta para um desenvolvimento dedutivo, lógico-sistêmico. Assim, partir-se-ia de idéias científicas — técnicas gerais, das leis básicas, analisando a sua aplicabilidade e realizabilidade, os resultados já obtidos e as possibilidades remanescentes. Esta última orientação conferiria aos cursos um caráter ativo, prospectivo, e evitaria sobrecarregar os programas com material antiquado e de interesse secundário.

Mais especificamente, em vez de tópicos especiais que hoje se ensinam isoladamente para os eletricitistas, os químicos, os metalurgistas (e às vezes não se ensinam aos civis), proponho uma disciplina de *Termotécnica Geral*.

A fim de obviar objeções, eis uma definição tentativa da mesma, que é um programa em si:

"Termotécnica é o ramo da ciência que estuda a teoria e os meios de transformação da energia das fontes naturais em energia térmica, mecânica e elétrica, bem como a teoria e os

* Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

métodos de utilização do calor nos processos tecnológicos da indústria e na habitação".

A Termodinâmica é basicamente uma Energética térmica, cuja parte teórica compreende a Termodinâmica técnica e a teoria da transmissão de calor e de massa (ou os Fenômenos de Transporte). Creio que o forte da proposta é que teríamos um embasamento comum para todas as especialidades, todos os ramos da engenharia, reunindo a teoria e a técnica da energética primária, ou seja, dos geradores de energia utilizável. Tais geradores são os dispositivos em que a energia contida nos recursos energéticos (petróleo, carvão, urânio, calor geotérmico, radiação solar) é transformada em formas de energia diretamente utilizáveis (podemos chamá-las de "úteis"): a térmica, a mecânica e a elétrica.

O método básico da Termodinâmica é o termodinâmico. O estudo dos balanços energéticos e entrópicos nos sistemas macroscópicos permite determinar as condições ideais, ou seja, correspondentes à máxima eficácia dos geradores de energia utilizável, e traçar os caminhos realísticos de aproximação técnica a estas condições ideais.

Bastaria completar este programa com a Eletrotécnica Geral, que trata das transformações mútuas das energias elétrica e mecânica, e teremos completado a formação do engenheiro na área energética. É claro que o engenheiro térmico (ou talvez o futuro engenheiro energético) terão de aprofundar vários tópicos. A nossa proposta refere-se à formação genérica.

A ênfase atual é no dispêndio dos recursos materiais e energéticos do planeta com a máxima economia. Isto afeta igualmente o preparo dos engenheiros de estruturas, de estradas de ferro, de aeronáuticos, de minas, até de economistas. A minha idéia básica é de direcionamento energético na transmissão da informação técnica. Em vez da descrição minuciosa de máquinas e detalhes, e/ou de uma axiomática precoce, é preferível acentuar os aspectos conceitual e lógico. As idéias e princípios seriam demonstrados, a sua realização indicada, o caminho ainda a percorrer seria apontado. Os limites últimos de desenvolvimento desta ou daquela máquina seriam analisados, sobre um pano de fundo histórico de desenvolvimento da Termodinâmica aplicada.

Para fixar as idéias, eis uma ementa sumária do curso de Termodinâmica:

I — Parte teórica

Termodinâmica

Teoria do transporte de calor e de massa (eventualmente também do momentum)

II — Parte aplicada

Eficiência das fontes de energia e dos geradores de energia utilizável

Fontes de energia: convencionais e alternativas

Máquinas térmicas (caldeiras, turbinas, motores de combustão interna, reatores nucleares, máquinas solares, conversão direta em eletricidade)

Refrigeradores e bombas de calor. Compressores

Geração e distribuição da energia térmica na indústria (combustíveis, queimadores, fornos, tubulações). Recuperação do calor de rejeito e Armazenamento

Poupança da energia

Dando de barato que o complexo combustíveis-energia é uma das bases da economia mundial, a energética determina o ritmo do progresso técnico-científico, a intensificação da produção de bens, a elevação do nível técnico de cada país.

O bem-estar econômico de cada país parece estar ligado ao uso da energia. Pelo menos, é o que sugere a correlação entre o uso de energia per capita e o PNB. Mas podemos ir bem mais longe: sem energia não falta apenas produção; a própria vida é ameaçada. A indústria e a agricultura são energia materializada; a eficácia do uso da energia é fator principal da efetividade da produção econômica. Mesmo o sistema de controle e a computação têm por finalidade principal a economia de recursos.

Lembremos, a um tempo, que os recursos são finitos e a sua utilização é acompanhada de poluição do meio.

Para concluir, é claro que chegou o tempo de complementar o ensino das transformações da energia pelo imperativo das condições de contorno de uso econômico e ecologicamente limpo da mesma. E isto, em quaisquer circunstâncias, em qualquer atividade técnica.

Isto foi o que me levou à proposta de reformulação em tela.

Aceita a idéia, a elaboração dos detalhes não será difícil.

COMUNICAÇÕES

ESTÁGIO SUPERVISIONADO DA UCMG — CAMPUS DE CORONEL FABRICIANO: UMA EXPERIÊNCIA EM EVOLUÇÃO

Maria Irene Guimarães Heinisch*

HEINISCH, Maria Irene Guimarães. Estágio supervisionado da UCMG: uma experiência em evolução. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:57-62, 2º sem. 1982.

O presente trabalho destina-se aos Professores dos Cursos de Engenharia Industrial que tenham interesse direto ou indireto pela disciplina *Estágio Supervisionado* (ES). Trata-se de um relato sintetizado da experiência vivida pela Coordenação de Estágios Supervisionados (CES), durante seu primeiro ano de atuação junto aos Cursos de Engenharia Industrial Mecânica e Elétrica. A Unidade vincula-se ao Centro de Ciências Exatas, Tecnologias e Ciências Humanas (CCETCH), da UCMG — Campus de Coronel Fabriciano e foi criada para *supervisionar* a disciplina. Objetiva expor a filosofia e políticas adotadas pela CES que nortearam a implantação de uma infra-estrutura para operacionalizar a disciplina, bem como a evolução da Unidade, algumas de suas necessidades, entraves e tentativas de solução. Inicialmente, define os *papéis* fundamentais da CES: 1 — o de fazer tramitar, acadêmica e administrativamente, o ES; 2 — o de termômetro pedagógico para apoiar o organismo controlador da qualidade dos Cursos e ensinar *realimentações*. Posteriormente, mostra esforços realizados pela CES no sentido de compatibilizar o caráter eminentemente dinâmico e artesanal da integração Empresa/Escola a nível de Estágio Supervisionado, e a necessidade de padronizar procedimentos. Assim, embora diversificados, os estágios obedecem a uma rotina pré-estabelecida, a um padrão de avaliação e são tematicamente descritos de forma a compor parte da memória do Campus. A experiência agora já se estende aos Cursos do Colégio Técnico e também ao Curso de Administração, existentes no Campus.

Estágio supervisionado. Supervisão. Coordenação de Estágios Supervisionados. Realimentação. Engenharia Industrial.

HEINISCH, Maria Irene Guimarães. Supervised training at the Catholic University of Minas Gerais (UCMG), at Coronel Fabriciano's Campus: an experience in evolution. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:57-62, 2. sem. 1982.

The present work is addressed to the Professors of the Industrial Engineering Courses who have a direct or indirect concern for the discipline named *Supervised Training* ("Estágio supervisionado" — ES). It constitutes a synthesized report of the experience undergone by the Supervised Training Coordination Unit (CES), when first dealing with the Graduation Courses of Mechanical and Electrical Industrial Engineering for one year. The Unit is linked to the Center of Exact Sciences, Technology and Human Sciences (CCETCH) of the Catholic University of Minas Gerais (UCMG) at Cel. Fabriciano's Campus and has been created to *supervise* the discipline. It aims at exposing the philosophy and policy adopted by CES which have guided the implantation of an infrastructure to put the discipline into practice, as well as the evolution of the Unit, some of its needs, obstacles and attempts to solve them. First the fundamental *roles* of CES are defined: 1 — to cause the discipline to work, both academically and administratively; 2 — that of a pedagogical thermometer in order to give support to the quality controlling organism of the Courses and enable *feedback*. Then the work shows some efforts by CES to make the most dynamic and individual character of Industry and University integration at the level of Supervised Training compatible with the necessity to standardize procedures. Thus, however diverse the trainings may be, all of them follow a pre-established routine, have an evaluation standard and are thematically described so as to compose part of the Campus memory. The experience has now been extended to the Courses of the Technical College and also to the Course of Administration at the Campus.

Supervised training. Supervisory. Coordination of Supervised training. Feedback. Industrial engineering.

1. INTRODUÇÃO

A matéria aqui abordada diz respeito à disciplina Estágio Supervisionado (ES).

Trata-se de uma síntese da experiência vivida pela Coordenação de Estágios Supervisionados (CES), criada há um ano e meio, na UCMG, Campus de Cel. Fabriciano, para atender, inicialmente aos Cursos de Engenharia Industrial Mecânica e Elétrica. Os trabalhos da CES

* Centro de Ciências Exatas, Tecnologia e Ciências Humanas (CCETCH) da UCMG, Coronel Fabriciano, MG, Brasil.

hoje já se estendem aos Cursos de Ciências Contábeis e Administração (CCA) e aos do Colégio Técnico de Cel. Fabriciano (CTCF), também ministrado no Campus.

Tenta-se descrever, aqui, a filosofia e políticas adotadas que nortearam a implantação de uma infra-estrutura para operacionalizar a disciplina.

Procura-se mostrar, também, alguma evolução que se faz sentir atualmente na Coordenação, bem como algumas de suas necessidades, entraves e tentativas de solução.

Espera-se que este relato sirva de instrumento para promover aproximação entre os mais experientes no assunto e os menos experientes, para que ambos tirem proveitos mútuos rumo a uma efetiva integração entre escola e empresa. Esse é, verdadeiramente, seu objetivo.

2. DESENVOLVIMENTO

A Coordenação de Estágios Supervisionados em nosso Campus foi criada no segundo semestre de 1980. Por tratar-se de unidade nova, suas atividades foram desenvolvidas no sentido de criar sua própria infra-estrutura de funcionamento interno e externo para os Cursos de Engenharia.

Algumas diretrizes já se encontravam esboçadas em um projeto, do qual fazia parte o "Regulamento de Estágio", baseado na experiência de empresas que, como se sabe e ao contrário das Instituições de Ensino Superior (IES), já lidavam com o estágio desde 1967.

Fazia-se necessário, contudo, definir, com clareza, o papel da CES e traçar uma filosofia de trabalho que, em última análise, demarcasse âmbito e níveis de atuação. Só assim, poder-se-ia operacionalizar o estágio, delinear projeções e estabelecer objetivos e estratégias. A CES funcionaria, simplesmente, como uma agência de estágios, cujo maior desafio seria o de alocar o alunado temporariamente nas empresas para fins de treinamento? Ou seria um órgão também gerador de mudanças mais significativas no tocante à integração IES-Empresa, praticamente inexistente no País?

Dessas indagações e da leitura de informes a que se tinha tido acesso, até então, resultaram:

1 — Permanência das atribuições da CES para operacionalizar o estágio, que constavam no Regulamento, a saber:

- a) Pesquisa de mercado para agenciamento de vagas nas empresas;
- b) Controle de inscrições dos candidatos a estágio;
- c) Efetivação da matrícula na disciplina, de acordo com as normas da Diretoria Acadêmica e as condições do Regulamento;
- d) Controle de convênio e contratos celebrados com as empresas;
- e) Supervisão dos estágios;
- f) Avaliações periódicas e final;
- g) Encaminhamento da documentação hábil para os registros acadêmicos.

2 — Projeções;

A CES, como célula capaz de articular-se diretamente com a empresa, poderia vir a ser uma espécie de termômetro da própria Escola. Para tanto, haveria necessidade de uma *sensibilização* geral para a importância do papel do estagiário. Este deveria ser visto como o produto semi-final da Escola, cuja essência técnica se caracterizaria pelo conhecimento teórico, caso contrário, não passaria de um mestre de obras, e, assim mesmo, em desvantagem, dada a vasta experiência deste.

Ainda como parte desse trabalho de sensibilização que se tinha pela frente, era necessário fazer ver que o Estágio Supervisionado (ES) e o primeiro emprego deveriam ser entendidos como duas fases distintas, porém, pautadas por um único alvo, qual seja o mercado de trabalho. É que muito embora não houvesse, como não há, vínculo empregatício no estágio, a empresa sempre vê no estagiário uma possibilidade de diminuir custos e problemas de adaptação implicados no trabalho de recrutamento e seleção. Seria, portanto, inútil oferecer ao mercado um estagiário inadequado e incapaz, na ilusão de que, de posse de um diploma, ele se adequaria e se capacitaria. Assim colocado, adaptar e capacitar profissionais ao mercado de trabalho

significou para a CES, como ainda significa, adaptar e capacitar estagiários a esse mercado, dado o fato de o ES ocorrer ao final de curso.

A importância do estagiário, e, portanto, do estágio ligava-se, ainda, a outro fator: o fenômeno mundial do desemprego. Sabia-se que o acesso ao mercado de trabalho industrial tornava-se mais difícil para aqueles que não faziam estágio. Logo, se estágios, mesmo extra-curriculares, sem pré-requisitos, programação prévia, acompanhamento e avaliação, eram títulos, o ES, que pressupunha essas características, deveria ser o maior título que a Escola poderia conferir ao Engenheiro Industrial para ajudá-lo a angariar seu primeiro emprego.

Assim entendido, ao final do semestre, colocou-se à disposição do aluno um *manual de estágio* contendo as diretrizes básicas que garantiriam à CES cumprir seus papéis fundamentais:

- 1º) *O de fazer tramitar, acadêmica e administrativamente o ES*, atuando desde a pesquisa de mercado até o encaminhamento de notas de aproveitamento aos registros da Escola; e
- 2º) *O de termômetro*, ou, outras palavras, o de apoio pedagógico ao organismo controlador da qualidade dos cursos, acatando e também criando normas que agilizassem mudanças significativas, ou sejam, *realimentações*.

Em última análise, perseguia-se uma integração efetiva entre IES e empresa, via estagiário, ao invés de acomodar-se à convivência com uma pseudo-integração a nível de estagiário-empresa.

No tocante à integração, via-se ainda que cada empresa tinha seus próprios interesses e carências, que a Escola deveria procurar, na medida do possível, conhecer. Por outro lado, durante atendimento individual aos alunos, cedo se percebeu também que cada um tinha seu próprio desiderato e, por conseguinte, deveria ser encaminhado a uma empresa para a qual se sentisse inclinado, dadas as características e necessidades da mesma. Assim, ele poderia ter um desempenho mais adequado.

Concluía-se, a essa altura, que integração, a nível de estágio, era um trabalho dinâmico e artesanal: cada empresa, uma empresa; cada estagiário, um estagiário.

Paralelamente à preocupação com as individualidades, a CES, em seu segundo semestre de atuação, canalizou esforços internos no sentido de implantar, efetivamente, um *fluxograma* para a disciplina, com a atenção permanentemente voltada para dois pontos fundamentais

- 1º) A *Supervisão* propriamente dita: o aluno deveria responder a uma supervisão em três etapas sucessivas, assim como havia sido instruído através do Manual, a saber:
 - Programação
 - Acompanhamento
 - Avaliação

O papel da supervisão seria o de garantir melhor qualidade do ES e, conseqüentemente, do Relatório Técnico Final (RTF), que relatava e documentava a experiência. Nesse RTF, seriam filtrados, prioritariamente, o conhecimento teórico e a necessária acuidade intelectual em transferir esse conhecimento teórico para a prática.

- 2º) O outro ponto fundamental para se atentar na composição do fluxograma era a *realimentação*, que se previa acontecer em várias direções.

Apesar das precauções tomadas, os primeiros estágios sofreram desvios na sua base: os estagiários não supriram a CES com dados suficientes que, depois de processados, seriam revertidos em benefícios para si próprios, ainda durante o estágio. Tais benefícios, por sua vez melhorariam o desempenho do estagiário e influiriam na qualidade de seu RTF, produto acabado, a ser avaliado pela Escola e, como se desejava e se esperava, pela empresa. Finalmente, os futuros estagiários, após se enriquecerem com a experiência dos que os precederam, apresentariam rendimento cada vez melhor na empresa, e, conseqüentemente, nos RTF's, documento da essência técnica de toda a experiência de estágio.

Com o objetivo de levar o estagiário a informar melhor sobre o andamento de suas atividades, bem como sobre suas próprias dificuldades, passou-se a norteá-lo de modo que sentisse, não que iria sofrer uma supervisão, e sim, *usufruir de uma orientação*. Desta feita, reservou-se

o atributo "supervisor" apenas para o elemento dentro da indústria, e, "orientador", para o professor. Os atuais estagiários já aceitam e seguem, com mais seriedade, o seguinte roteiro para cada etapa da supervisão:

1º) Programação:

- Fixação prévia de programa e cronograma;
- Aprovação do programa mediante as atribuições legais do Engenheiro Industrial;
- Indicação do Professor Orientador:
 - O estagiário indica;
 - O professor aceita ou não;
 - O departamento específico aprova mediante natureza do programa.

2º) Acompanhamento:

- Administrativo: pela CES;
- Técnico: pelo Professor Orientador.

3º) Avaliação:

- De desempenho (confidencial): pela empresa, enfocando os seguintes pontos:
 - Conhecimento Teórico, Aproveitamento Prático, Capacidade de Aprendizagem, Iniciativa, Responsabilidade, Organização, Capacidade de Concentração, Interesse e Dedicação, Relacionamento e Segurança.
- Do RTF: pelo corpo docente, ou seja;
 - Conteúdo teórico, pelo departamento específico (Mecânica ou Elétrica).
 - Metodologia: pelo Departamento de Ciências Humanas (padrão a ser fixado).

Ainda internamente objetivou-se um *tratamento adequado ao RTF*. Fazia-se necessário estabelecer um *padrão de avaliação*, e, a partir dele, desencadear ações que produzissem efeitos positivos a se refletirem nos futuros RTF's. Esse padrão foi fixado e está sendo seguido com resultados satisfatórios. Dez itens são avaliados, a saber:

Introdução (Consideram-se, aqui, todas as partes que precederem o desenvolvimento):

- 1 — Elementos essenciais (assunto, delimitação do mesmo, objetivo, justificativa, receptor);
- 2 — Coerência entre programa e atividades realizadas e/ou acompanhadas.

Desenvolvimento:

- 3 — Nível teórico revelado;
- 4 — Nível de detalhamento das fases das atividades executadas e/ou acompanhadas;
- 5 — Nível de representatividade das atividades realizadas e/ou acompanhadas (projeto, montagem, manutenção, acompanhamento geral de processos industriais, operação de sistemas industriais);
- 6 — Aprendizagem revelada quanto à técnica de funcionamento e/ou manutenção dos equipamentos;
- 7 — Grau de objetividade e utilidade do material apresentado tanto na parte descritiva ou discursiva quanto nas ilustrações, gráficos, diagramas e possíveis anexos;
- 8 — Grau de utilidade do estagiário para a empresa (tanto pelo trabalho executado, como por críticas, sugestões e propostas viáveis às soluções de problemas);
- 9 — Associação revelada entre teoria e prática.

Conclusão:

10 — Coerência entre conclusão, proposições da introdução e corpo do trabalho.

Finalmente, resta mostrar as estratégias introduzidas para propiciar realimentações. Utilizando-se de informações colhidas na empresa, montou-se, paralelamente à ficha-padrão de avaliação do RTF, mencionada há pouco, uma *ficha de descrição temática* a ser preenchida pela mesma comissão avaliadora dos relatórios, com os seguintes objetivos:

- **Objetivo Geral:** Extrair a essência técnica do ES de forma a que esse possa ser, não apenas mera oportunidade de treinamento profissional, mas também um dos canais de realimentação da IES para diminuir defasagem entre escola e empresa.
- **Objetivos Específicos:**
 - Detectar, com maior clareza, o valor técnico do ES tendo em vista a realimentação do processo educativo dos Cursos de Engenharia Industrial do Campus.
 - Construir memória para orientação aos próprios alunos e para divulgação de trabalhos.
 - Sintetizar informações que possam contribuir para ulteriores classificações, tendo em vista uma integração mais significativa entre IES e empresa.

Esta ficha de descrição temática é acompanhada de instruções ao professor que derivam da seguinte afirmação básica: tudo que se passa na empresa, e, por conseguinte, tudo que o estagiário relata, enquadra-se dentro de 05 itens chamados tecnologias (em uma ou mais, ou até, em todas ao mesmo tempo). São elas: Produto, Processo, Operação, Equipamento e Administração.

Nessas instruções as tecnologias são assim conceituadas:

- **Produto:** Resultado das operações sofridas pelos materiais, através de pessoas e/ou equipamentos, de acordo com as especificações requeridas. Suas características para atendimento às especificações são controladas através de testes físicos, mecânicos, metalográficos e outros prescritos por normas próprias, e análises de laboratório.
- **Processo:** Conjunto de parâmetros e práticas padrão (ex.: controle de temperatura, velocidade, altura, etc.) a serem seguidos pela operação para se obter um produto dentro de características especificadas.
- **Operação:** Conjunto de instruções de como utilizar o equipamento para se obter o produto já especificado, dentro dos padrões da tecnologia de processo esperados.
- **Equipamento:** Conjunto de conhecimentos relativos aos equipamentos nos mínimos detalhes, ao controle de desgastes, à manutenção preventiva, preditiva e corretiva.
- **Administração:** Conjunto de princípios, normas e funções que têm por fim ordenar os fatores de produção, controlar e aumentar a eficiência e a eficácia da mesma para se obter o resultado esperado.

Em seguida, mostra-se como extrair o tema, que é geral, mais abrangente, do assunto abordado pelo estagiário, que é sempre situacional. Extraído o tema, identifica-se e registra-se a tecnologia envolvida. Finalmente, como qualquer tecnologia envolve uma base teórica, identifica (m) — se a (s) disciplina (s) que propicia (m) a aprendizagem teórica desejável ao entendimento da atividade relatada.

Ex: Assunto: Acompanhamento da lubrificação durante a manutenção preventiva do laminador X, etc.

Tema: Lubrificação

Tecnologia: Equipamento

Base teórica: Elementos de Máquina

Mecânica dos Fluidos

Química (composição molecular dos lubrificantes).

Após então terminar a radiografia temática do RTF, o professor emite seu parecer final sobre a validade daquele RTF. Para tanto, emite parecer sobre o nível de sua relevância para o Departamento e o justifica brevemente. A partir daí, se definirá se o RTF será divulgado, e se determinarão a amplitude e forma dessa divulgação.

Ainda dentro do processo de realimentação, a CES tem apresentado os seguintes levantamentos:

- Principais dificuldades técnicas enfrentadas pelos estagiários;
- Gráfico do perfil de desempenho de cada estagiário, extraído da avaliação confidencial da empresa;
- Gráfico do perfil geral de desempenho dos estagiários de cada curso, separadamente;
- Gráfico do nível geral de conhecimento teórico medido pela empresa;
- Gráfico do nível de conhecimento teórico medido pelos Professores — Orientadores.

O objetivo desses levantamentos é levar o Campus a um permanente encontro consigo mesmo.

3. CONCLUSÃO

A experiência em Estágio Supervisionado sucintamente relatada nesta exposição ratifica o caráter eminentemente dinâmico e artesanal da integração entre IES e empresa via ES. Entretanto, na CES alguns entraves resultantes desse caráter têm sido obliterados, graças a um esforço para compatibilizar individualidades e padronização. Na verdade, são os resultados obtidos através desse esforço que caracterizam a própria evolução dos trabalhos naquela Unidade. Para exemplificar, a ficha de avaliação e a de descrição temática dos relatórios finais de estágio devem ser mencionadas.

Na busca dessa compatibilização, tem figurado, como pano-de-fundo, uma constante preocupação com realimentações.

4. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se

1 — À IES que:

- 1.1 — Valorize o ES para alimentar-se e otimizar sua eficácia.
- 1.2 — Atente para a importância dos relatórios dos estagiários para que possa avaliar seu produto.
- 1.3 — Valorize a apreciação dos professores sobre os relatórios.
- 1.4 — Crie estratégias específicas para tirar o máximo proveito do ES.

2 — À ABENGE que:

Congregue esforços no sentido de se valorizar a figura do estagiário na empresa, muitas vezes visto como sinônimo de "mão-de-obra" ou "peso morto".

3 — À EMPRESA que:

O trabalho do Supervisor venha a constar em sua ficha funcional.

COMUNICAÇÕES

O ENSINO DE FENÔMENOS DE TRANSPORTE NA ENGENHARIA CIVIL

João Sergio Cordeiro*

CORDEIRO, João Sergio. O ensino de Fenômenos de Transporte na Engenharia civil. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:63-66, 2º sem. 1982.

A Resolução 48/76 do CFE que reestruturou o currículo dos cursos de engenharia alterou, na realidade, a concepção do ensino de engenharia. Assim é que, "Fenômenos de Transporte" não é apenas a mesma matéria com nome novo, mais que a mudança de nomenclatura, houve redefinição em termos de carga horária, ementas e da própria metodologia de ensino, com o objetivo de enquadrá-la perfeitamente à nova concepção de engenharia. Essas alterações não foram, contudo, completamente absorvidas pelas escolas do país e o presente trabalho objetiva abrir debate acerca do problema.

Fenômenos de Transporte. Ensino. Engenharia civil.

CORDEIRO, João Sergio. Teaching of "Transport Phenomena" in civil engineering courses. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:63-66, 2. sem. 1982.

The CFE 48/76 Resolution which rules the Engineering courses curriculum, in fact, modified the engineering teaching conception. For that reason, "Transport Phenomena" is not merely the same subject with a new name. More than just a nomenclature changing, there has been redefinition in terms of time endurance charge, ements memorandum books, and the teaching methodology itself, with the aim to enroll it exactly to the new engineering teaching conception. These changes haven't thus been completely assimilated by schools all over the country and this aims to open debate about the problem.

Transport Phenomena. Civil Engineering Courses.

1. INTRODUÇÃO

O art. 3º da Res. 48/76 do CFE contem as matérias de formação básica dos cursos de engenharia. Dentre estas destaca-se Fenômenos de Transporte, que é o objeto do presente trabalho.

Passados cinco anos após a resolução, sente-se de maneira geral que a maioria dos cursos de engenharia ainda não conseguiu atingir o objetivo desejado, quanto à matéria "Fenômenos de Transporte", pois esta não vem sendo ensinada adequadamente em muitas escolas, tanto do ponto de vista matemático, quanto ao laboratório.

Com a evolução da engenharia notaram-se amplas semelhanças entre várias disciplinas e procurou-se juntar esses fenômenos que, basicamente possuem os mesmos fundamentos. Segundo C. O. Bennet e J. E. Myers "A medida em que os vários ramos da engenharia são melhor compreendidos, diminuem as distâncias entre as disciplinas". Assim aconteceu com Fenômenos de Transporte que estuda os fenômenos de transferência, incluindo transporte de massa, de quantidade de movimento e de energia (calor).

Antes da resolução 48/76, nos cursos de Engenharia civil, somente eram estudados fenômenos de transporte de quantidade de movimento na disciplina "Mecânica dos Fluidos", totalmente voltada para o estudo da Hidráulica. Os fenômenos de transporte de calor e massa eram estudados em cursos de engenharia mecânica, química, elétrica, etc.

As escolas de Engenharia civil, principalmente aquelas que somente possuem essa habilitação, representando perto de 30% das instituições, têm encontrado dificuldades no ensino dessa disciplina, principalmente quanto:

- ao número de horas/aula destinado a ela;
- à inadequação dos laboratórios;
- à motivação dos alunos quanto à aplicação dos fenômenos na Engenharia civil.

* Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de Passos, Minas Gerais.

O trabalho tem por objetivo ampliar as discussões sobre o ensino da disciplina, na tentativa de trocar experiências para se chegar à maneira mais adequada de se abordar os vários tópicos que a matéria comporta, principalmente no caso da Engenharia civil, que seria a mais nova habilitação a estudar os "Fenômenos de Transporte".

2. FENÔMENOS DE TRANSPORTE

Os fenômenos de transporte têm mostrado uma visão bastante ampla, de sua utilização dentro da engenharia.

O equacionamento das operações unitárias:— escoamento de fluídos, transporte de calor, agitação, secagem, destilação, absorção de gases, filtração, etc, têm seu fundamento nos fenômenos de transferência de quantidade de movimento, calor e massa.

As aplicações desses fenômenos para os vários campos da engenharia poderiam ser colocados da seguinte forma:

- *mecânica* — refrigeração de motores, ventilação, ar condicionado, máquinas hidráulicas, etc.
- *metalurgia* — processos pirometalúrgicos, hidrometalúrgicos, projetos de fornos e refrigeradores, etc.
- *química ou nuclear* — cálculos de evaporação, recondensação, trabalhos de refinaria e reatores, etc.
- *naval* — máquinas térmicas e caldeiras, etc.
- *elétrica* — transformadores e geradores, etc.
- *civil* — conforto térmico, escoamento de águas, sistemas de controle de poluição do ar, estudo da contaminação de águas superficiais e subterrâneas, projetos de sistemas de aquecimento solar (água para residências e piscinas) poluição térmica dos rios e estuários, projetos de fornos e câmaras frigoríficas em alvenaria, etc.

Como se pode verificar o campo da aplicação dos fenômenos de transporte dentro da Engenharia civil é bastante amplo e diversificado.

3. ENSINO DOS FENÔMENOS DE TRANSPORTE

3.1 Carga horária:

Na grande maioria das escolas de Engenharia civil, a carga horária varia de 60 h/aula a 75 h/aula. Esse é um dos aspectos importantes a serem considerados com respeito ao cumprimento da resolução 48/76. Assim vejamos:

- 60 horas/aula — para se cumprir as determinações do CFE são necessárias 15 horas/aula para laboratório. Dessa forma sobrariam 45 horas/aula destinadas à parte teórica da disciplina. A carga horária normal da antiga disciplina "Mecânica dos Fluidos" era de 60 h/aula, para apresentar somente aspectos teóricos com respeito ao transporte de quantidade de movimento. Ainda que se utilizassem recursos audio-visuais e novas técnicas de apresentação da disciplina, parece que o tempo é bastante exíguo para um bom embasamento teórico.
- 75 horas/aula — nesse caso teríamos 15 h/aula para laboratório e 60 h/aula para o desenvolvimento teórico. Ainda assim, o tempo destinado à análise teórica é pequeno, principalmente quanto à introdução dos conceitos de transferência de calor e massa.

Como se pode verificar um dos aspectos do não cumprimento das exigências do CFE, poderá ser a exígua carga horária destinada à matéria.

3.2 Laboratórios:

Os laboratórios das escolas de engenharia eram até algum tempo inadequados ou inexistentes, fazendo com que a maioria dos alunos não tivessem acesso a eles.

As escolas com laboratórios, ainda encontram dificuldades quanto à separação das turmas, em número de alunos, que permitiam uma visualização e aprendizagem dos fenômenos. Outro aspecto é quanto ao início das aulas de laboratório, que é dificultado quando se começa junto com as apresentações teóricas. Além disso, a simples visualização, sem que se exijam relatórios sobre as aulas práticas faz com que haja uma dispersão no aprendizado global. A falta de pessoal treinado (professores e monitores) também contribui para que as aulas práticas fiquem em segundo plano.

3.3 Avaliação:

De maneira geral, nos parece que a maioria das escolas possuem somente a avaliação global de disciplina (teórica + laboratório), fazendo com que a nota de aprovação seja a média das notas de teoria e laboratório.

4. DISCUSSÃO QUANTO AO ENSINO DA DISCIPLINA

4.1 Aspectos gerais

A importância da introdução do estudo dos fenômenos de transporte é um fato real de acordo com o atual estado que vivemos. A revolução que o mundo está enfrentando, com respeito à crise de energia, faz com que novos caminhos devam ser encontrados, com o intuito de superar necessidades básicas. A utilização da energia solar é um dos caminhos, que poderá ser estudado dentro dos Fenômenos de Transporte.

O controle de poluição do ar e da água devido à expansão industrial, também faz com que novos caminhos devam ser pesquisados.

Assim são apresentados alguns aspectos que espera-se possam contribuir, quanto ao ensino dos Fenômenos de Transporte.

4.2 Carga horária

A carga horária mínima deveria ser 90 horas/aula, sendo 75 horas/aula para teoria e 15 horas/aulas para laboratório. Dessa forma haveria o tempo necessário para o desenvolvimento da ementa, abrangendo os vários aspectos do transporte de: quantidade de movimento, energia e massa.

O ideal seria uma carga horária igual a 120 horas/aula colocada em uma disciplina anual "Fenômenos de Transporte" com 4 horas/aula semanais, nos cursos seriados, ou, duas disciplinas "Fenômenos de Transporte I e II", com 60 horas/aula por semestre. Dessas 120 horas/aula, 15 horas/aula para laboratório e 105 horas/aula para o desenvolvimento teórico, fornecendo condições de embasamento e aprendizado, adequados.

4.3 Laboratório

Existem dificuldades no desenvolvimento das aulas práticas em conjunto com o início das aulas teóricas. Isto porque os alunos ainda não têm o embasamento necessário para a aplicação em laboratório — esse aspecto torna praticamente impossível o bom aprendizado, uma vez que as condições teóricas somente poderão ser dadas após, o conhecimento total das propriedades dos fluídos, comportamento dos fluídos e equações básicas dos fenômenos de transferência.

Dentro das considerações sobre o item 4.2 — *carga horária*, as aulas de laboratório poderiam ser desenvolvidas em Fenômenos de Transportes II ou no segundo semestre, no caso da disciplina anual. Poder-se-ia dessa forma, superar as dificuldades, que tanto alunos como professores sentem para o bom desenvolvimento da disciplina.

Outro aspecto importante seria a exigência de relatórios completos sobre as práticas desenvolvidas, contendo:

- Introdução
- Resumo
- Análise Teórica
- Materiais e Equipamentos
- Procedimento Experimental
- Resultados
- Análise dos resultados
- Conclusões
- Bibliografia

Pois seria uma forma de desenvolvimento do espírito de pesquisa, tanto bibliográfica quanto experimental, além de evitar as condições de análise dos alunos.

Poder-se-ia então desvincular a disciplina em teoria e prática (Laboratório), fazendo-se avaliações individuais, de tal forma que os resultados obtidos na parte teórica, não interferissem nos resultados do laboratório, fornecendo condições mais reais para a avaliação do ensino da disciplina.

Além dos laboratórios de fabricação nacional (ex., ICAM) — de São Carlos —, poderiam ser montados coletores solares, para experimentação em aquecimento de água; (aplicações em saunas solares, etc).

4.4 Motivação dos alunos de engenharia civil

O aluno de Engenharia civil sente-se totalmente desmotivado quando lhe é dada a incumbência de estudar aplicações dos fenômenos de transporte que não lhe competem. Dessa forma, a disciplina perde seus objetivos básicos.

Como foi visto no item 2 — as aplicações dos fenômenos de transporte em Engenharia civil são inúmeras, então compete ao professor, tentar adequar essas aplicações da maneira melhor possível.

Assim por exemplo: no estudo dos fenômenos de condução, poderiam ser projetados fornos de alvenaria, mostrando os melhores materiais e de que forma seriam arranjados para se obter o resultado mais eficiente. Já no caso da convecção poderia ser estudado o conforto térmico de ambientes (residenciais ou industriais), com respeito à ventilação natural; utilização dos novos materiais de cobertura (ex. fibro-cimento), quais as técnicas utilizadas para que com esses novos materiais possa se chegar a ambientes confortáveis e mais econômicos. (ex. utilização do efeito de termo-sifão). No caso da radiação, poderíamos atingir ainda um melhor estágio quanto à motivação da disciplina, visto a atual crise de energia, e estudar-se a radiação solar, projetos de aquecedores solares, aquecimento de piscinas, aquecimento do ar, secagem de produtos agrícolas, etc.

Quanto à transferência de massa, poderiam ser destacados aspectos quanto à difusão de poluentes atmosféricos; dispersão de contaminantes na água; estudos de reatores, para misturas e aplicações como — câmaras de mistura rápida para coagulação no tratamento de água, câmaras de oxidação (lodos ativados), etc.

Pode-se verificar que as aplicações dos fenômenos de transferência podem ser destacados com ênfase de forma a motivar os alunos.

COMUNICAÇÕES

O DESENVOLVIMENTO DAS HABILIDADES COMPORTAMENTAIS DO ESTUDANTE DE ENGENHARIA: UMA EXPERIÊNCIA E UMA PROPOSTA DE TRABALHO PARA O CURSO DE ENGENHARIA DA UFMG

Tânia Lúcia Morato Fantini*

FANTINI, Tânia Lúcia Morato. O desenvolvimento das habilidades comportamentais do estudante de engenharia: uma experiência e uma proposta de trabalho para o curso de engenharia da UFMG. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:67-70, 2º sem. 1982.

Considerando os aspectos do mercado de trabalho e da ocupação do engenheiro no Estado de Minas Gerais, apresenta-se uma experiência de ensino voltada para o desenvolvimento das habilidades sociais do estudante de engenharia, com o intuito de torná-lo mais apto para o exercício profissional.

Estudante de engenharia. Experiência de ensino. Habilidades sociais (desenvolvimento).

FANTINI, Tânia Lúcia Morato. The development of behavioral abilities of the engineering student: one experience and one work proposition for engineering courses of UFMG. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:67-70, 2. sem. 1982.

Considering the job market aspects and the engineer occupation in Minas Gerais, one teaching experience is presented directed toward the development of social abilities of the engineering student in order to improve his aptitude in professional activity.

Engineering student. Teaching experience. Social ability (development).

I — INTRODUÇÃO

Não se pode negar a importância do desenvolvimento de nossas habilidades sociais no convívio familiar, na escola, ou no trabalho. À medida que amadurecemos, estas habilidades vão se tornando mais completas, através do enriquecimento e do acúmulo de experiências.

Todavia, algumas situações podem ser negativas para uma pessoa, traumatizando-a e dificultando seu progresso, por expectativas de fracasso que quase sempre se realizam (profecia auto-realizável).

Dentro da escola, nos cursos de graduação, podemos observar alguns estudantes, que, apesar da plenitude de suas capacidades intelectuais, apresentam comportamentos inábeis em seu relacionamento, os quais, provavelmente, se transformarão em obstáculos para o sucesso profissional.

Grande parte dos estudantes pode também se beneficiar de um programa orientado para o auto-conhecimento e de uma formação mais completa para o desenvolvimento de suas habilidades interpessoais.

Frequentemente, ouvimos dos estudantes, que algumas pessoas possuem um “dom” especial de tratar com os outros, são “políticos” e “diplomáticos”. É verdade. Seja por um processo de educação mais perfeito, conseguem ser, já, em tenra idade, mais habilidosos nas relações com os outros.

Isto não implica, porém, que nós não consigamos aprender sobre nós mesmos e a partir daí, a desenvolver formas mais corretas e adequadas de lidar com as pessoas.

Este trabalho pretende apresentar a justificativa para uma maior atenção a este aspecto, no ensino da Engenharia e ao mesmo tempo, tentar descrever uma experiência, iniciada, recentemente.

* Departamento de Engenharia Industrial da Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, MG.

Inicialmente, descreveremos a ocupação do engenheiro nas grandes organizações; em seguida, as demandas do mercado de trabalho e, finalmente, qual a nossa proposta de trabalho e as conclusões.

2 – A OCUPAÇÃO DO ENGENHEIRO NAS GRANDES ORGANIZAÇÕES

Estudando a ocupação do engenheiro no Brasil, o trabalho mais completo parece ser, até o presente, o de Lili K. Kawamura¹, publicado em 1979, no qual ela descreve como se desenvolveu esta ocupação paralelamente às fases de nossa economia. Segundo seu estudo, foi a partir da intensificação do processo de industrialização brasileira, após 1930, que a engenharia penetrou na indústria. Observou ainda, foram as grandes organizações industriais aquelas que ofereceram maior atrativo para o engenheiro, por sua sofisticada tecnologia, geralmente importada.

De fato, pudemos verificar também que as organizações mais desenvolvidas exercem uma força poderosa para o engenheiro brasileiro. A própria escola adaptou-se ao mercado por elas formado e hoje a universidade forma seus profissionais para a grande empresa e para o governo.

Um levantamento² feito, com dados de 1974, com 266 empresas, do principal centro industrial do Estado de Minas Gerais, permitiu verificar que 96,4% dos engenheiros encontrados na amostra localizavam-se nas empresas com mais de 500 empregados, sendo que 97,6% deles estavam nas empresas dinâmicas ou modernas (metalurgia, mecânica, extrativa mineral, construção civil, etc.) e somente 2,4% situavam-se nas empresas tradicionais (produtos alimentícios, fumo, têxtil, etc.).

Posteriormente, em um outro levantamento³ entre 48 organizações do Estado, em 1980, viu-se que 57,6% dos engenheiros estavam nas de grande porte, havendo uma maior distribuição entre as de médio e pequeno porte.

Parece possível dizer, portanto, que o mercado de trabalho do engenheiro, no Estado de Minas Gerais, é basicamente constituído pelas empresas do ramo dinâmico, de grande porte, situadas na principal região urbana do Estado.

Essas organizações, pela sua capacidade de planejamento e de manter relativamente estável a demanda de seus mercados, é capaz também de manter relativamente estáveis seus custos fixos. Este fato levou-nos a criar mercados internos para seus profissionais da engenharia, no sentido de fixá-los à empresa, utilizando-se de um sistema de mobilidade ascensional e sistemas de promoções e recompensas para adequar a mão-de-obra às necessidades da empresa.

Em um estudo⁴ em 14 organizações de Ciências e Tecnologia do Estado de Minas Gerais, todos com mais de 1000 empregados, verificamos que dos 169 engenheiros entrevistados da amostra, cerca de 75% deles tinham uma mobilidade interna elevada, isto é, uma alta relação entre o tempo de trabalho numa empresa e os cargos nela ocupados. Frequentemente, a mobilidade se dava pela promoção a funções de chefia (54,5% ocupavam cargos dessa natureza).

Outro fato interessante, neste mesmo estudo, foi que mais de 52% dos engenheiros tinham funções administrativas contra apenas 1,8% de funções de pesquisa e 30,2%, técnicas.

Julgamos também interessante assinalar que, os engenheiros da amostra sentiam-se muito bem nestas funções, já que quase 50% deles achavam-se recompensados, cerca de 11% sub-recompensados e o restante sobre recompensado (isto é, achavam que seus salários estavam além de sua capacidade e treinamento). Isto está de certa forma coerente com alguns estudos existentes na literatura sobre o trabalho dos engenheiros em organizações, de acordo com os quais não há uma grande separação entre os valores do engenheiro e os desta última, pois ele aceita a definição que esta dá ao sucesso profissional como plenamente legítimo (a entrada em posições hierárquicas).

De acordo com todas essas considerações, o estudante de engenharia poderá se beneficiar de uma situação acadêmica onde ocorram oportunidades de aprendizagem nesta área, não propriamente gerenciais, mas sobretudo, que o preparem para lidar com os aspectos humanos do trabalho, como, por exemplo, motivação, o processo de liderança e outros.

3 – AS EXIGÊNCIAS DO MERCADO DE TRABALHO

Fazendo uma breve pesquisa⁵ sobre as demandas do mercado de trabalho, em nosso Estado, através do levantamento das ofertas de emprego para o engenheiro, em anúncios de jornais, no período entre setembro/1978 a setembro/1979, observamos que, de 900 ofertas encontradas, 20% (cerca de 180 vagas) se referiam a itens como "chefia, coordenação, administração e controle".

Embora com restrições, devido à grande parte das ofertas, exigir de 2 a 6 anos de experiência, o leque de atividades a serem cobertos pelos ocupantes das vagas disponíveis, referentes àqueles aspectos, sobressaía-se particularmente na área de Engenharia civil e mecânica, sendo extremamente pequeno no caso da metalurgia e elétrica.

Poucas dessas habilidades são formalmente abordadas nos cursos de engenharia.

Em síntese, os dois itens anteriores descreveram de modo bastante conciso a ocupação do engenheiro no Estado de Minas Gerais e como se constitui, em linhas gerais, o mercado de trabalho.

Quisemos demonstrar, com isto, que as demandas deste mercado se traduzem frequentemente em termos de exigências comportamentais, impostas aos engenheiros pelas grandes organizações, desde o momento do ingresso no mercado de trabalho até a saída do mesmo.

A adequação do comportamento é recompensada pela mobilidade ascensional no interior das grandes empresas, maneira esta coerente com os valores destes profissionais.

O que nós propomos, então é um enfoque mais voltado para a realidade, à qual se torna difícil evitar, face à etapa do desenvolvimento brasileiro.

4 – A EXPERIÊNCIA DESENVOLVIDA NA EEUFMG

Na Escola de Engenharia da UFMG, nosso trabalho se desenvolve como parte da disciplina denominada Organização Industrial, sob o módulo denominado Aspectos Comportamentais na Organização da Produção.

Entre os objetivos gerais, situam-se o de levar o estudante a compreender e aceitar que grande parte dos problemas comuns à atividade profissional do engenheiro não pode ser resolvida apenas por habilidades técnicas e científicas, mas exigem também habilidades sociais, que podem ser desenvolvidas.

As atividades incluem exercícios em grupos, simulação de situações para processos decisórios, jogos, estudos de casos, debates, seminários e leituras de textos selecionados.

Algumas vezes, especialistas são convidados para expor suas experiências ou os alunos saem da sala de aula para visitas.

Tenta-se levá-los a conhecer suas posições sobre um problema comportamental, a sentir na "pele" (vivenciar uma situação) e através disto, perceber a importância de suas atividades e habilidades sociais.

Os temas ou conteúdos incluem motivação humana, o processo de liderança e o exercício do poder na organização, análise transacional aplicada ao estudo da liderança, as técnicas sociométricas na formação de grupos, conflito organizacional, mudança planejada.

Cada um constitui uma unidade completa, com exercícios, estudo da teoria e sua aplicação a situações propostas. Trata-se também de um curso leve para o aluno, evitando-se massacrá-lo com trabalhos didáticos, que podem se transformar em estímulos aversivos, dando-se preferência à atividade em sala de aula.

Há dificuldades, evidentemente e são, em geral, físicas, de ambientes inadequados, escassez de material didático e questões desse tipo.

5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Tem-se questionado o valor desse tipo de aprendizagem formal para o futuro engenheiro. Às vezes, a alegação de que experiências, neste sentido, foram mais negativas do que positivas.

E, por vezes, tem-se recomendado a não inclusão de disciplinas como esta no currículo do curso de Engenharia.

Embora discordando, podemos compreender que, de fato, situações negativas ocorrem quando a questão ideológica começa a fazer um pano de fundo para os tópicos até se transformar no assunto principal. A reflexão sobre problemas, dessa natureza sempre permeia a discussão desses temas, sem dúvida, e ela deve fazer parte do crescimento do aluno. Todavia, o questionamento deve vir, a partir do momento em que se aprende a lidar melhor com uma realidade que não se pode negar.

O que nós propomos é o enriquecimento das potencialidades do estudante frente a esta realidade. O que ele fará com suas habilidades no futuro, deve ser sempre orientado pela formação ética, aprendida no arcabouço de seu curso e de seus mestres, que o tornará apto a escolher.

Gostaríamos de incluir, pois, como recomendação final que se incentivasse a inclusão dessa disciplina nos cursos de Engenharia, sob o cuidado de psicólogos experientes, com um espaço maior para a formação humanística de nossos engenheiros de amanhã.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KAWAMURA, LILI — *Engenheiro: trabalho e ideologia*. I.P., Atica, 1979.
2. FANTINI, T.L. MORATO — *Dados preliminares sobre a ocupação do engenheiro no Estado de Minas Gerais*. B.H., Edições Engenharia, 1978.
3. FANTINI e COSTA VAL — *A ocupação do engenheiro nas Organizações de Ciências e Tecnologia do Estado de Minas Gerais*. Paper apresentado no II Encontro de Pesquisa da EEUFMG, 1979 (mimeografado).
4. FANTINI, T.L. MORATO — *Burocracia e Controle: um estudo sobre a carreira ocupacional do engenheiro em organização de Ciências e Tecnologia do Estado de Minas Gerais*. Tese de Mestrado. 1981, 192 p. (mimeografado).
5. FANTINI, T.L. MORATO — *Oferta de empregos na área de engenharia em Belo Horizonte. 1978-1979*. (Relatório de Pesquisa) — 1980 (mimeografado).

ORIENTAÇÃO AOS AUTORES E COLABORADORES DA REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

1. OBJETIVOS E CONTEÚDO

A Revista de Ensino de Engenharia, editada pela Associação Brasileira de Ensino de Engenharia — ABENGE, está aberta à coletividade que atua nas instituições brasileiras e aos autores do exterior, ligados de alguma forma ao Brasil pelos assuntos, contatos institucionais, afinidades culturais e outras vinculações.

O conteúdo da Revista se compõe de:

- a) Forum ABENGE;
- b) Artigos;
- c) Comunicações;
- d) Cartas à redação.

1.1 Forum ABENGE

Consiste de depoimentos, análises, debates sobre problemas específicos de relevância e atualidade no ensino de engenharia, organizado e programado sob a orientação da Diretoria da ABENGE.

1.2 Artigos

Correspondem a trabalhos originais ou divulgados previamente de forma restrita, abordando aspectos educacionais, científicos, tecnológicos, políticos, administrativos, no campo do ensino de engenharia.

1.3 Comunicações

Matéria de texto extenso sob forma de relato, contendo informações de caráter educacional, científico, tecnológico, político, administrativo, no campo do ensino de engenharia, relacionada com eventos ou atividades de grupo, ou expressando opiniões, diretrizes, normas, etc., a critério do Grupo Editorial.

1.4 Cartas à redação

Compreendem comunicações curtas, comentários, críticas, sugestões sobre matéria publicada pela Revista ou outros assuntos correlatos.

2. CONDIÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DOS ARTIGOS E COMUNICAÇÕES

As contribuições sob forma de artigos ou comunicações, com antecedência à publicação, são submetidas à apreciação do "Corpo de Consultores Editoriais", composto de especialistas em ensino, particularmente na área de engenharia, e devem observar as normas de apresentação dos originais.

3. NORMAS PARA APRESENTAÇÃO DOS ORIGINAIS

O texto das contribuições é apresentado em três vias, datilografado, com espaço duplo, com as margens de 35mm, em folha de papel ofício, formato A-4 (210 x 300mm), cuja remessa é feita para:

Prof. Marcius F. Giorgetti, editor responsável
Escola de Engenharia de São Carlos, USP
Caixa Postal 359
13560 — S. Carlos, SP, Brasil
Telefone (0162) 71-2234; telex (0166) 275 USPO-BR

3.1 Línguas e extensão do texto

Os trabalhos de autores brasileiros ou de outros países de língua portuguesa devem ser redigidos em português; autores estrangeiros podem, opcionalmente, redigir em inglês, francês ou espanhol.

A extensão de cada artigo ou comunicação não deve ultrapassar 15 páginas, datilografadas em espaço duplo, em papel ofício A-4.

3.2 Estrutura do texto

Os artigos e comunicações devem observar a seguinte estrutura e partes:

- título em português e inglês;
- nome do autor ou autores, com a vinculação, qualificação profissional e endereço para correspondência;
- estrutura, com as partes identificadas em numeração progressiva, compreendendo:
 - introdução;
 - desenvolvimento do assunto, com as divisões a critério do autor ou autores;
 - conclusões e/ou recomendações.
- referências bibliográficas normalizadas, observando as normas da ABNT (orientação pode ser obtida com os Bibliotecários das instituições);
- resumo em português e inglês (obedecendo as normas da ABNT), com 300 palavras, contendo no máximo 5 (cinco) palavras-chave em português e inglês, identificando as proposições básicas do trabalho;
- em anexo, definições das palavras-chave escolhidas para a indexação do artigo.

3.2.1 Complementos do texto

Figuras, gráficos, fotografias, fórmulas, etc. são incluídas no texto. As fotografias, dentro das especificações para clichê, são em branco e preto e os desenhos a nanquin preto, permitindo-se colagens.

As tabelas, gráficos e figuras, com as suas legendas, são numerados na ordem em que aparecem no texto.

4. SEPARATAS

De cada artigo ou comunicação são enviados gratuitamente 50 separatas ao autor ou autores.

5. INFORMAÇÕES E OUTRAS ORIENTAÇÕES

Maiores informações e outros detalhes de esclarecimentos são atendidos pela Redação, mediante solicitações dirigidas ao Prof. Marcius F. Giorgetti, editor responsável, no endereço indicado no item 3).

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
— BIBLIOTECA —
Título: REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA
Vol. 2 N.º 1
Mês _____ Ano 82
- DEVOLUÇÃO -
DATA N.º DATA N.º

NÃO EMPRESTADO
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
— BIBLIOTECA —
TÍTULO: REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA
VOL.: 2 N.º 1
MÊS: _____ ANO: 82