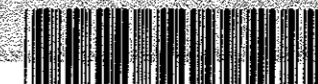


# REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

ISSN 0101 ■ 5001  
REV. ENSINO ENG. São Paulo

VOL. 2 - Nº 2  
1º SEMESTRE 1983

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



00376872  
v.2, n.2. jan. 1983 PUCPR - BC

ASSOCIAÇÃO  
BRASILEIRA DE  
ENSINO DE  
ENGENHARIA



## REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

Publicada por ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO DE ENGENHARIA – ABENGE.  
Rua Nestor Pestana, 87 – 1ª Sobreloja – Consolação – 01303 – S. Paulo, SP – Brasil

### Diretoria da ABENGE:

Presidente – Prof. Ruy Carlos de Camargo Vieira  
1ª Vice-Presidente – Prof. Paulo Alcântara Gomes  
2ª 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\$ 4.000,00.

**Números avulsos:** Cr\$ 2.000,00.

**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). Rua Nestor Pestana,  
87 – 1ª Sobreloja – Consolação – 01303 – S. Paulo, SP – Brasil

Board of directors of ABENGE:

President – Prof. Ruy Carlos de Camargo Vieira  
2st 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 it through subscription or acqui-  
sition of issues.

Subscription: 2 (two) issues US\$ 12.00.

Issues: 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 res-  
ponsibility of the Directory of Brazilian Association of Engineering Education – ABEN-  
GE. 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 2, 1º semestre de 1983

ÍNDICE

Nota Editorial .....	73
Forum ABENGE	
Estágio curricular nos cursos de engenharia: uma análise da nova regulamentação.	75
Artigos	
GIORGETTI, Marcius F., PIRES, Roberto C., PIRES, Eduardo & ROMA, Woodrow N.L. Transferência de calor por convecção forçada em escoamento interno .....	85
SILVA, João Mello da. Uma abordagem unificadora para o ensino de instalações industriais: aplicação ao curso de Engenharia Mecânica da UnB .....	95
MASS, B.J. Redução da incerteza em medidas de correntes contínuas em eletrônica .....	105
SILVA, José Carlos da & CRUZ, C. Um modelo operacional de plano de curso e o acompanhamento de sua aplicação .....	113
GUBULIN, J.C. Determinação e análise do coeficiente de transferência de massa. .	121
Comunicações	
VIEIRA, Ruy Carlos de Camargo. Seleção e possibilidades de uso dos meios auxiliares na aprendizagem da engenharia .....	131
ZAKON, Abraham, DWECK, Jo, MANDARINO, Norma Dora & MASCA-RENHAS, Bernardo J.G. Pesquisa e desenvolvimento tecnológico – ensino de Processos Inorgânicos na Escola de Química da UFRJ .....	141
SILVA NETO, Manuel B. da. Método de ensino em laboratório .....	147
PIZZINGA, Rodolfo D. & GERK, Herman R. Distorção do conceito de estágio e suas implicações na formação do engenheiro .....	153
LÉPORE NETO, F.P. & STEFFEN JR., V. Ciclo de aulas de laboratório em vibrações de sistemas mecânicos no processo ensino aprendizagem .....	157
Orientação aos autores e colaboradores da Revista de Ensino de Engenharia. ....	163

CONTENTS

Editorial Comment .....	73
<b>Forum ABENGE</b>	
Training within industry — TWI engineering courses: an analysis of the new regulation .....	75
<b>Articles</b>	
GIORGETTI, Marcius F., PIRES, Roberto C., PIRES, Eduardo & ROMA, Woodrow N.L. Forced convection heat transfer in internal flow. ....	85
SILVA, João Mello da. A unifying approach for teaching industrial plants related courses: application to the University of Brasilia Mechanical Engineering undergraduate program .....	95
MASS, B.J. Reduction of uncertainty in measurements of DC currents in electronics. ....	105
SILVA, José Carlos da & CRUZ, C. An operational model of course plan and the following of the application .....	113
GUBULIN, J.C. Determination and analysis of mass transfer coefficient .....	121
<b>Communications</b>	
VIEIRA, Ruy Carlos de Camargo. Selection and use of auxiliary media in engineering education .....	131
ZARON, Abraham, DWECK, Jo, MANDARINO, Norma Dora & MASCARENHAS, Bernardo J.G. Research and technological development — the teaching of inorganic process in the School of Chemistry of UFRJ. ....	141
SILVA NETO, Manuel B. da. Method of teaching laboratory .....	147
PIZZINGA, Rodolfo D. & GERK, Hermann R., The distortion of the concept of training and its implications in the engineer's formation. ....	153
LÉPORE NETO, F.P. & STEFEN JR., V. Mechanical vibration laboratory activities as a help to improve teaching .....	157
Orientation to authors and collaborators of Journal of Engineering Education. ....	163

NOTA EDITORIAL

Este é o segundo número da Revista de Ensino de Engenharia, depois de introduzidas as inovações estruturais descritas na edição do 2º semestre do ano passado.

A proposta de manutenção das quatro seções permanentes, quais seja, **Forum ABENGE**, **Artigos**, **Comunicações** e **Cartas à Redação**, parece ter sido bem aceita pela nossa comunidade.

As três primeiras seções estão definitivamente implementadas. A maior parte dos artigos e comunicações deste número originaram-se de contribuições apresentadas no COBENGE 82; entretanto, um número significativo de autores já encaminhou diretamente à redação material para publicação na Revista. Espera-se que essa tendência seja ampliada e mantida no futuro; da mesma forma, espera-se que muito em breve a seção **Cartas à Redação** possa ser implementada a partir de contribuições diretas, por correspondência, de colaboradores de todo o País.

Dessa forma, um sonho antigo das pessoas que lutam pela ABENGE vai pouco a pouco se fazendo realidade. Estão reservadas para a Revista de Ensino de Engenharia duas importantes funções. A primeira é divulgar e difundir entre os profissionais do ensino de engenharia as novas idéias, as recentes conquistas, as soluções locais, as iniciativas pioneiras na luta constante pelo aprimoramento do ensino da engenharia no País. A segunda função é a de oferecer ao professor-pesquisador que inova, que inventa, que cria, a oportunidade de ter seus trabalhos de pesquisa e desenvolvimento publicados em um periódico nacional considerado como sendo sério e competente, que atue na área da Educação voltada para a Engenharia.

Marcius F. Giorgetti  
Editor Responsável

Forum ABENGE

## ESTÁGIO CURRICULAR NOS CURSOS DE ENGENHARIA: UMA ANÁLISE DA NOVA REGULAMENTAÇÃO

FORUM ABENGE: Estágio curricular nos cursos de engenharia: uma análise da nova regulamentação. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 75-83, 1º sem. 1983.

Análise da lei e regulamentação em vigência é proposta a colaboradores através de itens selecionados para discussão. As colaborações recebidas, assim como conclusões gerais delas extraídas, são apresentadas.

Estágio em engenharia. Estágio supervisionado. Programas em cooperação. Programas "sanduíche".

FORUM ABENGE: Training within industry — TWI engineering courses: an analysis of the new regulation. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 75-83, 1º sem. 1983.

The analysis of the law and regulation in force is proposed to contributors through the discussion of selected topics. Contributions received as well as general conclusions extracted from them are presented.

Training within Industry. TWI. Supervised TWI. Cooperative programs. Sandwich programs.

### 1. INTRODUÇÃO

O Forum ABENGE, uma seção permanente desta Revista, destina-se a estimular e acolher debates focalizados em problemas ligados ao ensino da Engenharia.

Para este número escolheu-se o controvertido tema do Estágio curricular, cuja implementação e operação na maioria das escolas, constitui-se em tarefa de grande responsabilidade e dificuldade. A recente regulamentação da Lei 6.494/77, veiculada através do Decreto 87.497/82, trouxe, junto com importantes subsídios, uma considerável quantidade de dúvidas e questionamentos. Este FORUM destina-se a levantar, através de enquete, a opinião de eminentes profissionais sobre um conjunto de pontos considerados dúbios ou controvertidos.

As questões submetidas aos colaboradores foram propostas pela Professora Nídia Pavan Kuri, Coordenadora de Estágios na Escola de Engenharia de São Carlos — USP, que as selecionou com base em sua experiência profissional adquirida em São Carlos, e anteriormente no CTL/UNICAMP, em Limeira. A Professora Nídia colaborou também no exame e análise das contribuições recebidas, assim como na redação das conclusões do FORUM.

A matéria que é apresentada a seguir está longe de ser completa, porém, constitui-se em um importante primeiro passo. Das 24 pessoas consultadas, apenas seis contribuíram com suas opiniões; nestas condições, o trabalho que, embora enriquecido com a qualidade do material recebido, perde um pouco em nível de abrangência.

### 2. COLOCAÇÃO DO PROBLEMA

Os colaboradores convidados receberam o seguinte material:

## 2.1 Ofício datado de 5 de janeiro de 1983

Os termos do ofício são os seguintes:

"Prezado Professor,

Este Ofício está sendo enviado a V. Sa. e a outros 23 colegas ligados à administração e supervisão de programas de estágio para estudantes de engenharia. Deseja-se obter, no mais curto prazo possível, um conjunto de subsídios necessários para a composição da matéria "Forum ABENGE" do próximo número da "Revista de Ensino de Engenharia". A matéria deverá ter a apresentação semelhante à do Forum do número anterior, em que se discutiu o problema do "Ensino de Matemática nos Cursos de Engenharia" (Rev. Ensino Eng., S. Paulo, 2:5-16, 1982).

O objetivo, agora, é a discussão do problema geral do estágio, especialmente à luz do Decreto 87.497 de 18 de agosto de 1982. Em anexo, V. Sa. encontrará uma lista de questões submetidas pela Profa. Nídia Pavan Kuri, Coordenadora de Estágios da Escola de Engenharia de S. Carlos — USP, que está colaborando na produção deste trabalho da Revista. Estas questões são uma sugestão não restritiva para os comentários e discussões que estão sendo solicitados a V. Sa. .

Agradeço desde já a V. Sa. pela sua colaboração, peço desculpas pelo abuso de solicitar essa colaboração com toda urgência possível, porém, como a Revista deve sair em maio, a matéria deverá estar composta em março, o mais tardar. A correspondência deve ser enviada para

Prof. Marcius F. Giorgetti  
Escola de Engenharia de São Carlos  
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465  
13560 — São Carlos — SP.

Apresentando a V. Sa. os protestos de consideração, firmo-me

Atenciosamente

Marcius F. Giorgetti  
Redator Responsável  
Revista de Ensino de Engenharia — ABENGE"

## 2.2 Cópia do Decreto 87.497/82:

"Decreto nº 87.497, de 18 de agosto de 1982.

Regulamenta a Lei nº 6.494, de 07 de dezembro de 1977, que dispõe sobre o estágio de estudantes de estabelecimentos de ensino superior e de 2º grau regular e supletivo, nos limites que especifica e dá outras providências.

O Presidente da República, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 81, item III da Constituição,

DECRETA:

Art. 1º — O estágio curricular de estudantes regularmente matriculados e com frequência efetiva nos cursos vinculados ao ensino oficial e particular, em nível superior e de 2º grau regular e supletivo, obedecerá as presentes normas.

Art. 2º — Considera-se estágio curricular, para os efeitos deste Decreto, as atividades de aprendizagem social, profissional e cultural, proporcionadas ao estudante pela participação em situações reais de vida e trabalho de seu meio, sendo realizada na comunidade em geral ou junto à pessoas jurídicas de direito público ou privado, sob responsabilidade e coordenação da instituição de ensino.

Art. 3º — O estágio curricular, como procedimento didático-pedagógico, é atividade de competência da instituição de ensino a quem cabe a decisão sobre a matéria, e dele participam pessoas jurídicas de direito público e privado, oferecendo oportunidade e campos de estágio, outras formas de ajuda, e colaborando no processo educativo.

Art. 4º — As instituições de ensino regularão a matéria contida neste Decreto e disporão sobre:

- a) inserção do estágio curricular na programação didático-pedagógica;

- b) carga-horária, duração e jornada de estágio curricular, que não poderá ser inferior a um semestre letivo;
- c) condições imprescindíveis, para caracterização e definição dos campos de estágios curriculares, referidas nos §§ 1º e 2º do Artigo 1º da Lei nº 6.494, de 07 de dezembro de 1977;
- d) sistemática de organização, orientação, supervisão e avaliação do estágio curricular.

Art. 5º — Para caracterização e definição do estágio curricular é necessária, entre a instituição de ensino e pessoas jurídicas de direito público e privado, a existência do instrumento jurídico, periodicamente reexaminado, onde estarão acordadas todas as condições de realização daquele estágio, inclusive transferência de recursos à instituição de ensino, quando for o caso.

Art. 6º — A realização do estágio curricular, por parte do estudante, não acarretará vínculo empregatício de qualquer natureza.

§ 1º — O Termo de Compromisso será celebrado entre o estudante e a parte concedente da oportunidade do estágio curricular, com a interveniência da instituição de ensino, e constituirá comprovante exigível pela autoridade competente da inexistência de vínculo empregatício.

§ 2º — O Termo de Compromisso de que trata o parágrafo anterior deverá mencionar necessariamente o instrumento jurídico a que se vincula, nos termos do artigo 5º.

§ 3º — Quando o estágio curricular não se verificar em qualquer entidade pública e privada, inclusive como prevê o § 2º do artigo 3º da Lei nº 6.494/77, não ocorrerá a celebração do Termo de Compromisso.

Art. 7º — A instituição de ensino poderá recorrer aos serviços de agentes de integração públicos e privados, entre o sistema de ensino e os setores de produção, serviços, comunidade e governo, mediante condições acordadas em instrumento jurídico adequado.

Parágrafo único — Os agentes de integração mencionados neste artigo atuarão com a finalidade de:

- a) identificar para a instituição de ensino as oportunidades de estágios curriculares junto a pessoas jurídicas de direito, público e privado.
- b) facilitar o ajuste das condições de estágios curriculares, a constarem do instrumento jurídico mencionado no artigo 5º;
- c) prestar serviços administrativos de cadastramento de estudantes, campos e oportunidades de estágios curriculares, bem como de execução de pagamento de bolsas, e outros solicitados pela instituição de ensino;
- d) co-participar, com a instituição de ensino, no esforço de captação de recursos para viabilizar estágios curriculares.

Art. 8º — A instituição de ensino, diretamente, ou através de atuação conjunta com agentes de integração, referidos no "caput" do artigo anterior, providenciará seguro de acidentes pessoais em favor do estudante.

Art. 9º — O disposto neste Decreto não se aplica ao menor aprendiz, sujeito à formação profissional metódica do ofício em que exerça seu trabalho e vinculado à empresa por contrato de aprendizagem, nos termos da legislação trabalhista.

Art. 10 — Em nenhuma hipótese poderá ser cobrada ao estudante qualquer taxa adicional referente às providências administrativas para a obtenção e realização do estágio curricular.

Art. 11 — As disposições deste Decreto aplicam-se aos estudantes estrangeiros, regularmente matriculados em instituições de ensino oficial ou reconhecidas.

Art. 12 — No prazo máximo de 4 (quatro) semestres letivos, a contar do primeiro semestre posterior à data da publicação deste Decreto, deverão estar ajustadas às presentes normas todas as situações hoje ocorrentes, com base em legislação anterior.

Parágrafo único — Dentro do prazo mencionado neste artigo, o Ministério da Educação e Cultura promoverá a articulação de instituições de ensino, agentes de integração e outros Ministérios, com vistas à implementação das disposições previstas neste Decreto.

Art. 13 — Este Decreto entrará em vigor na data de sua publicação, revogados o Decreto nº 66.546, de 11 de maio de 1970, e o Decreto nº 75.778, de 26 de maio de 1975, bem como as disposições gerais e especiais que regulem em contrário ou de forma diversa a matéria. Brasília, em 18 de agosto de 1982. 161º da Independência e 94º de República.

JOÃO FIGUEIREDO  
Rubem Ludwig

### 2.3. Relação das 10 questões apresentadas:

- 1) O Decreto 87.497, de 18 de agosto de 1982, prescreve em seu Art. 4º, alínea "b", que a carga horária, duração e jornada de estágio não poderá ser inferior a um semestre letivo. Paralelamente, as instituições de ensino não têm como conseguir estágios para todos os formandos, pois a oferta de estágios diminui a cada semestre e conseqüentemente, as dificuldades em se colocar alunos em campos de estágios tem se agravado bastante. A legislação não previu essa questão? Que medidas adotar para sanar esse problema?
- 2) O atual Decreto revoga a Resolução 48/76, que em seu Art. 15 reza que devem ser destinadas, no mínimo, 30 horas para a realização de estágios supervisionados? Em caso afirmativo, qual seria o mínimo de horas recomendável em substituição às 30 horas preconizadas na Resolução 48/76?
- 3) Deverá a Instituição de Ensino providenciar o seguro de acidentes em favor do estagiário, segundo o Art. 8º do mencionado Decreto. Entretanto, em caso de doença, nenhuma orientação é dada. Qual seria o procedimento da Instituição nesse caso omissivo? O seguro cobrirá despesas hospitalares? E o órgão cedente de estágio, que parcela de responsabilidade teria nesses casos?
- 4) Em seu Art. 5º, o presente Decreto diz que, para caracterização e definição do estágio é necessária, entre a Instituição de Ensino e o órgão cedente de estágio, a existência de um instrumento jurídico, periodicamente reexaminado. Isto seria atendido através da celebração de convênios? Se não, qual seria o instrumento jurídico mais adequado para dar cumprimento a este dispositivo?
- 5) Diz ainda o Art. 5º, da transferência de recursos à Instituição de Ensino, quando for o caso. A Empresa, creditando a Instituição de Ensino, poderá pagar diretamente ao estagiário uma bolsa auxílio ou caberá à Instituição esse pagamento? Como poderá ser feito esse ajuste?
- 6) A monitoria, a pesquisa e outras atividades junto às Instituições de Ensino e Pesquisa, poderão ser consideradas como estágio? (Art. 2º)
- 7) Qual seria o período ideal para a realização do estágio? Por que?
- 8) Deverá o estudante cumprir um elenco de disciplinas exigível como pré-requisitos para a realização do estágio?
- 9) Qual o número de créditos que o estudante deverá cumprir durante o estágio?
- 10) Serão computadas, para efeito de integralização de currículo, as horas de estágio que excedam a um décimo do número de horas fixadas para o ensino superior? (Portaria Ministerial 159/65).

### 3. CONTRIBUIÇÕES

#### 3.1. Prof. Hamilton Savi, Pró-Reitor da Universidade Federal de Santa Catarina

- 3.1.1. Quem define a política de estágios curriculares, como matéria do currículo pleno, é a instituição de ensino — obedecidos os limites do CFE. O artigo contém falha porque não define a duração em termos de hora. Não faz sentido "um estágio de 6 meses" com carga, por exemplo, de 30 minutos por dia. O decreto não diz que todo estágio curricular tenha que ter duração míni-

ma de 6 meses. Daí as IES não se viram obrigadas a mudar o currículo dos cursos introduzindo estágio com duração de 6 meses. As que tinham (como é o caso do Curso Integrado de Engenharia Mecânica da UFSC) permaneceram. As que não tinham não introduziram.

- 3.1.2. Não há entendimento entre as autoridades de ensino que o Decreto revogue a Resolução 48/76 do CFE. De qualquer forma, parece lógico (e viável) uma carga máxima de 360 horas (10% do currículo mínimo) para que possa ser integralizado do currículo pleno. (Mais ou menos 4 meses do estágio em tempo parcial — 20 horas).
- 3.1.4. O Convênio no nosso entendimento (e prática) é o instrumento mais adequado.
- 3.1.5. Quando o estágio é remunerado, de acordo com o ajuste prévio com a empresa, esta deve pagar diretamente ao aluno. Não temos conhecimento de nenhum caso (exceção feita ao programa Bolsa de Trabalho) em que existe o repasse à Instituição de Ensino para repasse ao aluno. Seria esta prática um transtorno desnecessário e inviável!
- 3.1.6. Não obrigatoriamente, mas a critério da Instituição a atividade de Monitoria ou Bolsa Pesquisa pode ser considerada como estágio (ex. um grupo de alunos participando de um projeto).
- 3.1.7. O período ideal para realização de estágios curriculares (ou extra) é no período de férias acadêmicas. (Exceção dos estágios do Curso Integrado quando o estudante se matricula numa única disciplina que é o estágio). Esse período é quase impositivo para aqueles cursos oferecidos em áreas onde não existe campo de estágio sendo rotina buscar a vaga fora da IES e às vezes bem longe da cidade onde o curso está instalado. Considero que o estágio em regime de tempo parcial (20 horas semanais por exemplo) transforma o aluno em turista dentro da IES com pouco tempo para cumprir seu programa e obviamente pressionando seus colegas para reduzir o nível do curso. É fácil deduzir porque isso ocorre (não tem tempo para concluir os trabalhos, não se prepara bem para as verificações, etc...)
- 3.1.8. Sim, a menos que se tenha várias modalidades de estágio, como por exemplo, com objetivo de desenvolver habilidades manuais e outro com objetivo de praticar, conforme artigo 22 — a nível de estágio profissionalizante.
- 3.1.9. Necessariamente não. As horas excedentes podem ser consideradas como estágio extra curricular.

#### 3.2. Prof. Bento da Costa Carvalho Júnior, da Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, da UNICAMP.

- 3.2.1. A legislação admite o estágio realizado "na comunidade em geral ou entidades de direito público ou privado" (Art. 2º). Havendo deficiência de estágios por parte da indústria acreditamos que o problema possa ser sanado com o desenvolvimento de programas especiais de trabalho com características de formação complementar pelas respectivas unidades de ensino.
- 3.2.2. Acreditamos que a carga horária fixada pelo Decreto seja correta. No caso particular da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP o estágio curricular passará a ter uma duração mínima de 432 horas efetivas. Isto permitirá o desenvolvimento de um plano de trabalho que capacite melhor o aluno e para a indústria a execução de um programa mais completo.
- 3.2.3. A melhor opção seria o seguro centralizado na Universidade administrado pelo SAE (Serviço de Apoio ao Estudante) devendo cobrir todas as despesas de acidentes, doenças e internações. Nos contratos feitos com a indústria e os gastos com o seguro seriam reembolsados pela empresa.
- 3.2.4. Acreditamos que um acordo contínuo de treinamento entre a empresa e a Universidade através de convênios seja a melhor opção.
- 3.2.5. A remuneração a título de ajuda de custo deveria ser paga diretamente pela

empresa ao estagiário, mesmo quando parte ou a totalidade do estágio foi realizado na Universidade por interesse específico da empresa. Outras empresas decorrentes da realização do estágio na Faculdade, por interesse da empresa, quando acordadas, deverão ser creditadas diretamente à Instituição de Ensino.

- 3.2.6. Sim. Na época da contratação do formando pela indústria esta verificaria a área de atuação do Estágio Integrado.
- 3.2.7. Nos últimos dois anos, de preferência no último ano. No nosso caso particular o aluno regular já tem um horário no 9º e 10º semestres que lhe permite desenvolver estágios de até 24 horas/semana.
- 3.2.8. Sim. Pois devido à estruturação do curso quase a totalidade dos dois primeiros anos é dedicado a matérias do Curso Básico, comum a todas as engenharias. No 3º e parte do 4º ano é que o aluno tem um elenco de disciplinas básicas profissionalizantes para só então cursar disciplinas de conhecimento específico de aplicação industrial direta. Não acreditamos que sem estas disciplinas específicas o aluno tenha capacidade de interagir na indústria no nível desejado.
- 3.2.9. Está fixado no Decreto, dependendo de cada curso em particular.
- 3.2.10. Não, absolutamente.

### 3.3. Profa. Vanda Sauhi Russo, Responsável pelo Setor de Estágios Serviço de Apoio ao Estudante (SAE) – UNICAMP.

- 3.3.1. Continuar tentando ampliar as ofertas de estágios através de contatos com as empresas, principalmente com as de pequeno e médio porte, colaborando com informações gerais sobre a metodologia e legislação que regem os estágios.
- 3.3.2. No estágio Fundamental, onde o aluno não tem exigência curricular para fazer o estágio, o aluno perfaz uma média de 20 horas semanais, porém, em algumas universidades no estágio curricular o aluno estagia 2 horas por semana.
- 3.3.3. Acreditamos que a Instituição de Ensino poderá providenciar o seguro que deverá estar incluído despesas hospitalares. Quanto à parcela de responsabilidade da empresa, nosso trabalho poderá ser em conseguir convênios com as grandes empresas, as quais entrariam com contribuições financeiras para ajudar a suprir os gastos que a Instituição de ensino terá que dispor. Refiro-me às grandes empresas, pois são elas as grandes beneficiadas com os incentivos fiscais do governo.
- 3.3.4. Continuar através do contrato de estágio onde assinam: o estudante, a empresa e a escola.
- 3.3.5. A meu ver, a bolsa-auxílio sempre foi feita pelo órgão concedente e deverá continuar sendo feito.
- 3.3.6. Sim, na UNICAMP são considerados estágios.
- 3.3.7. e 3.3.8. Os quatro últimos semestres, pois o aluno deverá cumprir um nº de disciplinas que vão colaborar para que o estagiário aproveite melhor o estágio.

### 3.4. Profa. Maria do Carmo Queiroz B. da Silva, Coordenadora de Estágios da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

- 3.4.1. Vemos como alternativa, equipar os laboratórios da própria Universidade que se tornarão campo de estágio, diminuindo a demanda para campos de estágio fora da Universidade.
- 3.4.2. O mínimo de horas recomendável não deve ser inferior a 360 hs, a serem cumpridas durante 6 meses. No atual estágio o mínimo que os cursos de Engenharia vêm cumprindo são 200 hs num período de 3 meses.
- 3.4.3. O Seguro de Acidentes pessoais deverá ser assumido pela Universidade, nos casos em que a Empresa/Instituição não concorda em fazê-lo. Quanto aos benefícios serão estipulados no contrato, (morte, invalidez, despesas hospitalares, diárias), a critério da Instituição de Ensino.

- 3.4.4. O convênio é de fato o instrumento jurídico mais adequado, oportunizando reexame periódico através de termo aditivo,
- 3.4.5. O estágio quando remunerado pela Empresa/Instituição, o pagamento se realiza através de bolsa de complementação educacional, paga diretamente ao estagiário pela própria Empresa/Instituição. Não temos experiência T. de recursos.
- 3.4.6. A Monitoria, a pesquisa e outras atividades junto às Instituições, poderá ou não ser considerada atividade de estágio, cabendo essa definição ao Colegiado de Curso, naturalmente observadas as linhas de formação do curso.
- 3.4.7. O período ideal para a realização do estágio será aquele em que o aluno tenha integralizado todas as disciplinas teóricas e práticas. Na nossa realidade o aluno está habilitado ao integralizar os pré-requisitos geralmente no último nível acadêmico ou período acadêmico.
- 3.4.8. É imprescindível pela complementariedade e seguimento da aprendizagem teórica-prática, orientado para a profissionalização. É obrigatório a sua integralização.
- 3.4.9. O número de créditos de estágio será determinado pelo curso, em função da carga horária estipulada. A nossa Universidade caso adote 360 hs, o número de créditos a ser integralizado será 8, convindo-se que a unidade de crédito de estágio é de 45 hs.
- 3.4.10. Toda carga horária de estágio cumprida pelo aluno, será computada em seu histórico escolar, no entanto, na contabilidade final para a integralização da carga horária exigida pelo curso, serão computados 10%, previsto na PM-159/65.

### 3.5. Prof. Ernesto E. Geiger, da Faculdade de Engenharia Industrial (FEI), da Fundação de Ciências Aplicadas

- 3.5.6. O estágio deve ser aprendido das tarefas profissionais na INDÚSTRIA. Monitoria, pesquisa são tarefas ACADÊMICAS e "não" valem para estágio profissionalizante de ENGENHEIRO. Os engenheiros podem eventualmente fazer pesquisas, como podem também ser violinistas concertistas. . . ou atletas. . .
- 3.5.8. Para aprendizado industrial das tarefas que os engenheiros deverão ensinar aos seus caboclos e auxiliares, são suficientes os conhecimentos das escolas secundárias. Os estágios COMPLEMENTAM o ensino universitário com aprendizados que NENHUMA universidade deste planeta pode fornecer.

### 3.6. Profa. Maria Irene Guimarães Heinisch, Coordenadora de Estágios Supervisionados, da Universidade Católica de Minas Gerais – Campus de Coronel Fabriciano.

- 3.6.1. De fato as dificuldades são grandes. No entanto, não é raro alunos fazerem três, quatro ou mais estágios, o que nos leva a concluir que sobram estágios para uns e faltam para outros. Verifica-se que ocorrem estágios que a instituição de ensino desconhece. Além disso, prorrogam-se muitos, indiscriminadamente, impossibilitando o aproveitamento das vagas para outros estudantes. Soma-se a essas situações indesejáveis, o fato de que muitos alunos estagiam prematuramente, sem base teórica suficiente. Isso não só compromete a própria imagem do profissional que as instituições querem formar, como, também, não atende convenientemente à Empresa, dificultando, ainda mais, a alocação do alunado em campos de estágio, como conseqüência. Faz-se necessário que cada instituição de ensino estruture um departamento ou setor para coordenar os estágios, com capacidade de articulação interna e externa. O agenciamento e o controle de vagas serão algumas de suas tarefas, o que possibilitará à escola sentir o problema mais de perto. Formando sua opinião a respeito, através de um diálogo mais vivo e direto com a empresa, a instituição reunirá condições de buscar formas de otimizar o desempenho dos estagiários e introduzir mais facilmente novos alunos em campos de estágio. Resumindo, o referido setor, entre outras atividades, procuraria identificar as situações indese-



jáveis que obstam a alocação dos estagiários a fim de que a instituição crie instrumentos para sanar as dificuldades.

Não seria possível prever todas as dificuldades na legislação, sob pena de excesso de casuismo. Só a vivência do assunto irá pedindo reformulações legislativas, com o correr dos anos. Assim, soluções serão alvitadas pela jurisprudência, com o surgir dos problemas. As medidas a serem adotadas são, por enquanto, as indicadas acima.

3.6.2. Sim.

Mínimo exigido: 01 semestre letivo.

Mínimo recomendado: depende da instituição de ensino. A legislação deixou a questão em aberto, a cargo das instituições de ensino para que cada uma se adapte a determinadas condições, internas e externas.

Assim, o decreto deveria ser visto como uma exortação a que a instituição de ensino viva o estágio com mais responsabilidade e profundidade; e, para isso, deu-lhe um prazo.

Provavelmente, o CFE colherá os resultados das experiências vividas, e em função delas, poderá vir a definir uma carga horária. O número de 30 horas, mínimo *minimorum*, será, certamente, revisto pelo próprio CFE, em época oportuna.

Por ora, o recomendável é que a instituição de ensino estabeleça, através de instrumentos internos, uma carga horária até certo ponto maleável (mínima e máxima) para atender a determinadas condições e que analise a experiência. Só assim, poderá aproveitar, ao máximo, a oportunidade de experienciar o Estágio Supervisionado em seus meandros e propor soluções a problemas emergentes, ao invés de esperá-las. É essa a chance que o Decreto lhe confere.

3.6.3. O seguro de acidentes pessoais é específico para acidentes de trabalho e, como tal, não tem por finalidade cobrir os casos de doença. Perante a instituição de ensino, o estagiário permanece na condição de aluno. Portanto, seu procedimento seria o mesmo que numa situação que não envolvesse estágio.

Legalmente, por esse Decreto, nenhuma parcela de responsabilidade é atribuída ao órgão cedente de estágio. O Decreto nada define a esse respeito e não cabe à instituição de ensino inferir a resposta.

3.6.4. Sim. O instrumento jurídico é corretamente o convênio.

3.6.5. A empresa poderá pagar diretamente ao estagiário, sendo o ajuste feito através do contrato, que deverá existir além do convênio.

3.6.6. Monitoria: em casos particulares, talvez sim; mas em geral não.

Pesquisa: que tipo de pesquisa?

Outras atividades: quais?

3.6.7. Em termos ideais, no penúltimo, ou antepenúltimo, para que possam ocorrer duas situações recomendáveis: cumprimento de pré-requisito e realimentação para a instituição de ensino.

3.6.8. Sim, para aquisição prévia de conhecimentos indispensáveis ao desenvolvimento do próprio estágio.

3.6.9. Isso depende do regime de créditos adotados pela instituição de ensino.

3.6.10. Para efeito de integralização do currículo "mínimo", não poderão ser computadas. Para o "pleno" sim.

4. CONCLUSÕES

Com a publicação do Decreto 87.497, de 18 de agosto de 1982, que regulamentou a Lei 6.494/77, que dispõe sobre estágio de estudantes, importantes alterações devem ocorrer na política de estágios das instituições de ensino.

Levantam-se aqui, alguns pontos que parecem relevantes para o processo de implementação das disposições previstas na nova regulamentação. O que se segue baseia-se nas análises das opiniões manifestada pelos colaboradores deste FORUM, assim como em observações pessoais da relatora.

Nota-se em toda extensão do presente Decreto, uma preocupação em deixar bem claro que as iniciativas e decisões a respeito dos estágios devem partir da instituição de ensino. A ela compete definir a política de estágios e decidir sobre a matéria contida no mencionado Decreto.

A carga horária, duração e jornada de estágio não poderá ser inferior a um semestre letivo, entretanto, não há definição quanto à duração, em termos do número mínimo de horas a ser cumprido durante esse período.

O atual Decreto revoga as disposições gerais e especiais sobre estágio que existiam anteriormente. Estariam aqui incluídas a Portaria Ministerial 159/65, que em seu art. 2º diz que não serão computadas para integralização do currículo, as horas de estágio que excedam a 1/10 do número de horas previstas para o curso e a Resolução 48/76, que em seu art. 15 destina o mínimo de 30 horas para a realização dos estágios supervisionados?

Não há resposta concreta para essa pergunta, mas de qualquer maneira acredita-se que, se as instituições de ensino têm apoio legal na nova regulamentação para decidir sobre estágios, seria coerente optar por um aumento significativo no número mínimo de horas destinado a sua realização, para que o treinamento profissional através dele seja mais efetivo e não aleatório como vem acontecendo, principalmente nos casos em que se adota o mínimo de 30 horas para a realização dos estágios.

As diferentes opiniões a respeito do mínimo de horas recomendável para a realização dos estágios indicam que este aspecto representa um ponto divergente na interpretação do Decreto, que merece uma séria reflexão por parte das instituições de ensino.

Se entretanto, dentro do prazo estipulado para implementação dos novos dispositivos, não forem criados e/ou estimulados maiores incentivos às Empresas para que elas possam ampliar a oferta de estágios, as instituições de ensino se defrontarão com um problema crítico: como exigir do estudante o cumprimento de um número maior de horas de estágio, se não há vagas para atender a todos?

Implementar programas especiais de estágio dentro da própria Universidade e/ou estimular as atividades de laboratório, pesquisas, prestação de serviços e outras atividades compatíveis com a linha de formação do curso, parece ser uma saída válida, mas não resolve o problema quando se busca, através do estágio, proporcionar ao estudante de engenharia condições reais de treinamento profissional e relacionamento humano dentro da Empresa, situação essa que é impossível de se reproduzir dentro do ambiente universitário.

Para que a instituição de ensino se beneficie com as experiências profissionais adquiridas pelo aluno dentro da Empresa é recomendável que o estágio se realize, de preferência, no 8º ou 9º períodos do curso, no sentido de propiciar retorno de informação que irão realimentar o sistema, possibilitando uma adaptação permanente às exigências do setor produtivo.

Todas essas condições de realização dos estágios deverão estar acordadas em instrumento jurídico a ser celebrado entre a instituição de ensino e a Empresa que concede o estágio. Segundo a opinião dos profissionais consultados, o convênio é o instrumento mais adequado para atender a este requisito.

Em contrapartida, nota-se divergência nas opiniões a respeito do seguro de acidentes pessoais a favor do estudante que, segundo a nova regulamentação, deverá ser providenciado não mais pela empresa, mas sim pela instituição de ensino, diretamente ou em situação conjunta com os agentes de integração.

Parece não haver a menor possibilidade, pelo menos nas atuais circunstâncias, de que as despesas decorrentes com o pagamento de seguro e outras formas de auxílio ao estagiário podem ser assumidas pela Universidade, uma vez que não existe até o momento alínea de alocação de recursos para esse fim no programa orçamentário das escolas oficiais.

Este fato, no entanto, pode ser solucionado se houver transferência de recursos da empresa para a instituição de ensino ou agentes de integração para esse fim específico, embora acredite-se que essa medida só trará transtornos à administração da instituição de ensino.

Estes aspectos são indicativos de que o pagamento de seguro e demais benefícios a favor do estagiário deveriam continuar sob a responsabilidade da empresa hospedeira.

As opiniões emitidas neste trabalho não pretendem, de forma alguma, ser conclusivas, mas simplesmente levantar alguns pontos que merecem atenção para a discussão mais ampla sobre o assunto.

ARTIGO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONVECÇÃO FORÇADA EM  
ESCOAMENTO INTERNO

Marcus F. Giorgetti\*  
Roberto C. Pires\*  
Eduardo C. Pires\*  
Woodrow N. L. Roma\*

GIORGETTI, Marcus F. e outros. Transferência de calor por convecção forçada em escoamento interno. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 85-94, 1º sem. 1983.

Um equipamento destinado à realização de experimentos sobre a convecção forçada de calor no interior de dutos é descrito. Dois experimentos básicos são apresentados, analisados e discutidos. Os resultados experimentais são comparados com modelos teóricos unidimensionais em que o coeficiente de película é determinado a partir de quatro analogias clássicas.

Convecção. Convecção forçada. Transferência de calor. Analogia de Reynolds. Analogia de Prandtl. Analogia de von Kármán. Analogia de Colburn. Trocador de calor.

GIORGETTI, Marcus F. and other. Forced convection heat transfer in internal flow. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 2: 85-94, 1º sem. 1983.

An equipment for practical work in connection with internal flow forced convection heat transfer is described. Two basic experiments are shown, analysed and discussed. Experimental results are compared with unidimensional theoretical models for which the skin coefficient is determined from four classical analogies.

Convection. Forced convection. Heat transfer. Reynolds' analogy. Prandtl's analogy. Von Kármán's analogy. Colburn's analogy. Heat exchanger.

## 1. OBJETIVOS

As práticas aqui descritas destinam-se à verificação experimental de princípios e modelos básicos relativos à transferência de calor por convecção forçada em escoamentos turbulentos no interior de tubulações cilíndricas.

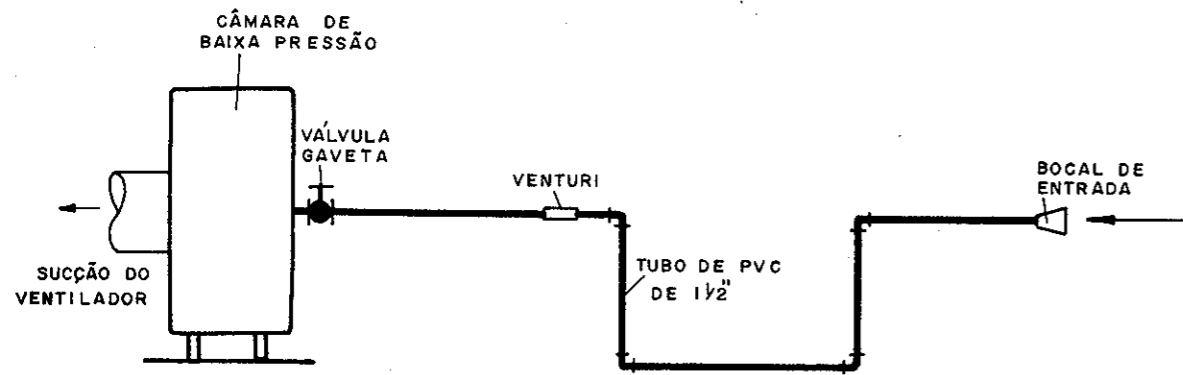
Um primeiro experimento permite verificar que o aquecimento de um fluido que escoar através de um trocador de calor é adequadamente predito através da formulação da Primeira Lei da Termodinâmica (Equação da Energia) para um volume de controle.

Outros resultados experimentais permitem o exame das predições feitas pelas analogias de Reynolds, Prandtl, von Kármán e Colburn, para o coeficiente de transferência de calor por convecção, o coeficiente de película.

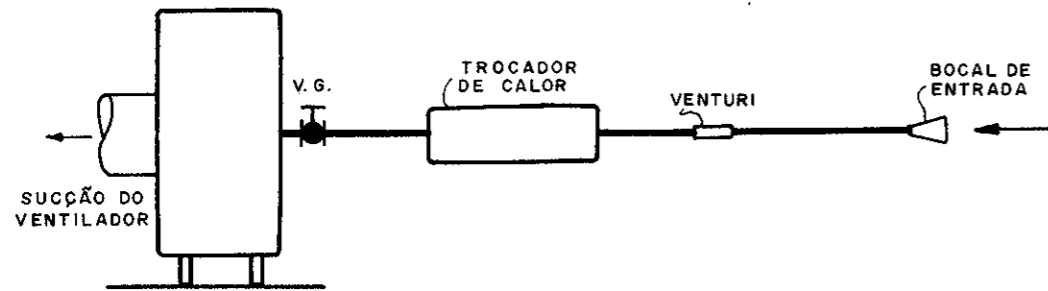
## 2. EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTAÇÃO

O equipamento básico utilizado é um trocador de calor alimentado eletricamente, utilizado para aquecer ar que escoar pelo seu interior. Essa unidade foi desenvolvida para operar como acessório do "Módulo Experimental de Mecânica de Fluidos", uma unidade comercial disponível em muitas instituições, mas pode ser operado independentemente se provido com uma unidade de ventilação adequada e um medidor de vazão. A figura 1 ilustra as duas possibilidades de montagem.

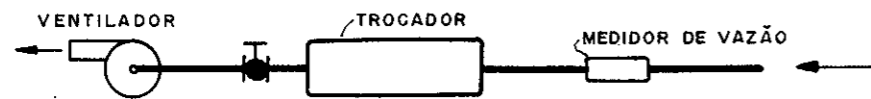
\* Laboratório de Fenômenos de Transporte — SHS. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. Caixa Postal 359. 13.560 São Carlos, SP, Brasil.



a) Montagem original do módulo ICAM



b) Montagem do trocador de calor no módulo ICAM



c) Montagem independente

Figura 1 – Esquema de montagem do trocador de calor

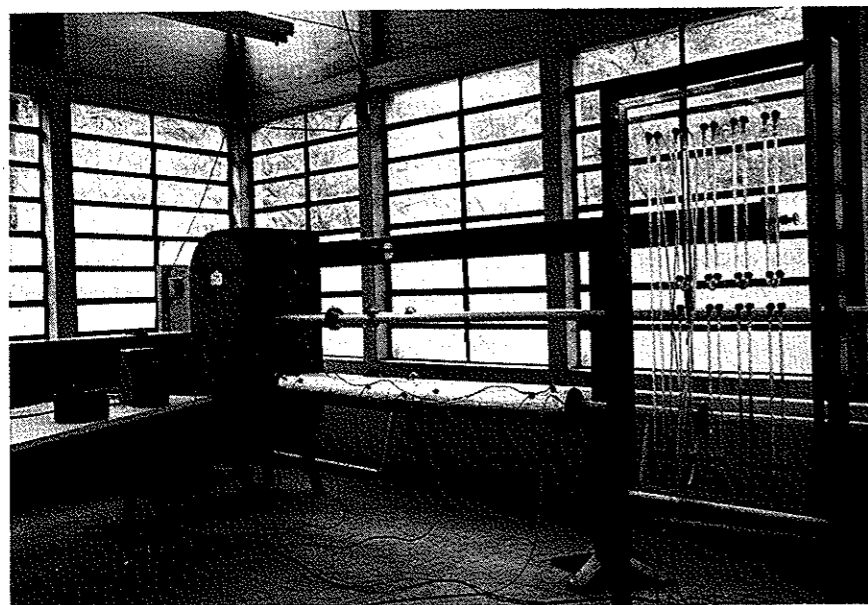


Fig. 2.a – Vista geral da montagem

Transferência de calor por convecção forçada em escoamento interno



Figura 2.b – Detalhe do trocador de calor

O trocador de calor foi construído com tubo de cobre de paredes lisas com 2.000 mm de comprimento, 31,6 mm de diâmetro interno e 38,2 mm de diâmetro externo. Duas tomadas de pressão estática foram localizadas à distância de 50,0 mm de cada extremidade.

Duas resistências elétricas de níquel cromo foram uniformemente enroladas sobre isolamento de mica apoiado sobre a superfície externa do tubo de cobre. A alimentação pode ser de 110 V ou 220 V, havendo a possibilidade de trabalhar com uma resistência, com as duas em série ou com as duas em paralelo. Havendo interesse, uma voltagem qualquer, diferente das anteriores, pode ser empregada usando-se, por exemplo, um transformador de tensão variável.

Isolando externamente as resistências há primeiro uma camada de lã de vidro com aproximadamente 10 mm de espessura antes de ser comprimida, sobre a qual montam-se sob leve pressão isolantes industriais de silicato de cálcio com a forma de cascas cilíndricas com 50,8 mm de diâmetro interno e 152,4 mm de diâmetro externo. O conjunto todo é revestido com chapa corrugada de alumínio polido.

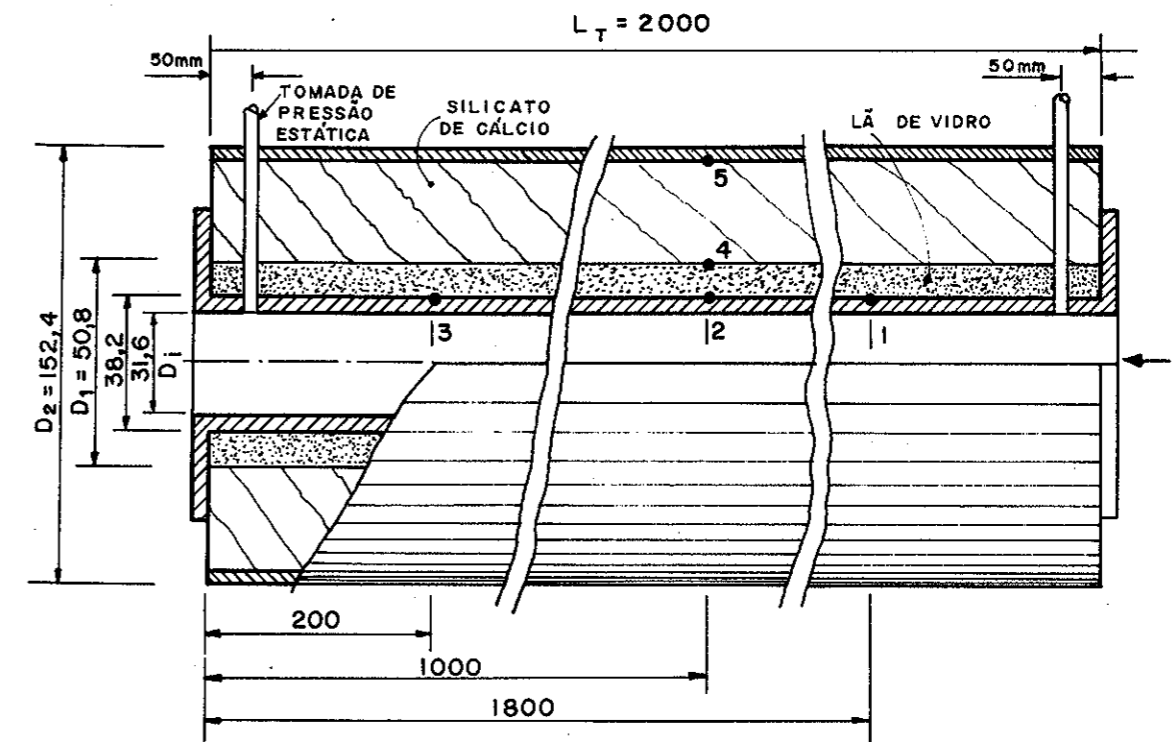


Figura 3 – Esquema ilustrativo do trocador de calor

As fotos da figura 2 ilustram uma vista geral da montagem e uma vista do trocador em detalhe.

Cinco pares termo-elétricos de cobre constantan são incorporados à montagem. Os de número 1, 2 e 3 na figura 3 são embutidos no tubo de cobre a 200 mm, 1.000 mm e 1.800 mm da entrada, respectivamente. Os pares de número 4 e 5 são localizados em contato com as faces interna e externa do isolante de silicato, respectivamente.

A potência elétrica fornecida é determinada através de leituras feitas com voltímetro e amperímetro. Ensaios preliminares mostraram ser desprezível a indutância criada pelo enrolamento da resistência. Temperaturas são obtidas com um termômetro digital Engro.

A vazão de ar através do trocador é obtida com um medidor Venturi com relação de área  $m = 0,4$ . A queda de pressão no Venturi é determinada com um manômetro diferencial utilizando-se água como fluido manométrico. A perda de carga do escoamento através do trocador de calor é medida utilizando-se outro manômetro diferencial igual ao primeiro.

- $\dot{M}$  é a descarga de massa que atravessa o volume de controle
- $V$  é a velocidade
- $Z_c$  é a cota do baricentro da seção
- $h$  é a entalpia específica

Neste problema  $Z_{c1} = Z_{c2}$  e  $V_1 \approx V_2$ , o que permite reescrever a equação (1) como

$$\dot{Q} - \dot{W}_s = \dot{M} (h_2 - h_1) = \dot{M} \Delta h \quad (2)$$

É interessante notar que da potência elétrica  $P$  introduzida uma parte,  $\dot{Q}_1$ , transfere-se para o ar através da interface cobre-ar como calor, enquanto que outra parte menor,  $\dot{Q}_2$ , é "perdida" para a atmosfera através da interface alumínio-ar externo, também como calor. Para um volume de controle que contenha apenas o ar no interior do tubo (figura 4.a) a equação (2) fica:

$$\dot{Q}_1 = \dot{M} \Delta h \quad (3)$$

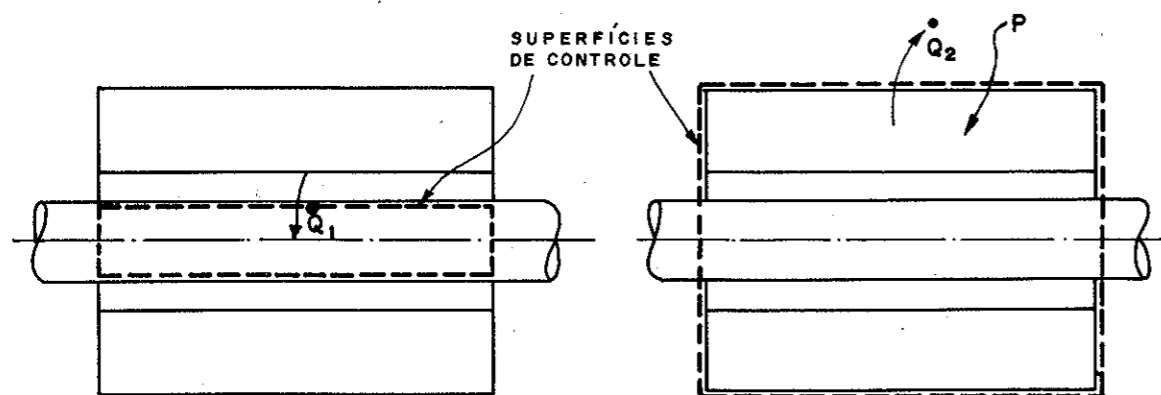


FIGURA 4.a

FIGURA 4.b

Figura 4 - Volumes de Controle Usados no Equacionamento

Nesse caso, não há penetração de potência mecânica (trabalho) através da superfície de controle.

Se o volume de controle alojar todo o trocador de calor (figura 4-b) a equação (2) modifica-se para:

$$-\dot{Q}_2 + P = \dot{M} \Delta h \quad (4)$$

E, nesse caso, a superfície de controle é atravessada por calor e por trabalho.

É evidente que tanto a equação (3) quanto a equação (4) dizem exatamente a mesma coisa, pois

$$P = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 \quad (5)$$

Esta discussão, embora trivial, é interessante para ajudar o estudante a diferenciar os conceitos de trabalho e calor e ao mesmo tempo mostrar a sua intercambiabilidade à luz do Primeiro Princípio da Termodinâmica.

A diferença entre as temperaturas médias de mistura na saída,  $T_{M7}$ , e na entrada,  $T_{M6} = T_6$ , pode ser determinada, pois  $\Delta h = c_p \Delta T$ .

Resulta, então:

### 3. RESULTADOS DE UM EXPERIMENTO TÍPICO

- Voltagem aplicada  $V_{ab} = 148 \text{ V}$
- Corrente elétrica  $I = 4,9 \text{ A}$
- Queda de pressão no Venturi  $\Delta h_v = 0,145 \text{ m}$
- Perda de carga no trocador  $\Delta h_t = 0,079 \text{ m}$

$$T_{s1} = 60,0^\circ\text{C}; \quad T_{s2} = 72,0^\circ\text{C}; \quad T_{s3} = 80,4^\circ\text{C}$$

$$T_4 = 35,9^\circ\text{C}; \quad T_5 = 65,5^\circ\text{C}; \quad T_6 = 26,0^\circ\text{C}$$

$$T_{71} = 53,3^\circ\text{C}; \quad T_{72} = 51,9^\circ\text{C}; \quad T_{73} = 53,0^\circ\text{C}$$

As temperaturas  $T_{71}$ ,  $T_{72}$  e  $T_{73}$  são registradas em três pontos diferentes de seção de saída do trocador; a segunda é medida no eixo do tubo e as outras duas junto à superfície do tubo em posições simétricas com relação ao eixo. É interessante notar que  $T_{72}$  é menor do que as outras duas temperaturas, um fato sempre verificado. Ao verificar isso, a oportunidade é boa para relembrar aos estudantes o conceito de camada limite térmica, para chamar a atenção para a maneira através da qual o perfil de temperaturas evolui ao longo do escoamento, e para relembrar ou introduzir o conceito de temperatura média de mistura.

### 4. PREVISÃO DA TEMPERATURA DE SAÍDA

Para analisar o processo em questão pode-se usar a equação de formulação da Primeira Lei da Termodinâmica para um volume de controle, conforme apresentada por Shames[1] para um volume de controle com uma entrada (1) e uma saída (2) pelo qual escoar um fluido em regime permanente.

$$\dot{Q} - \dot{W}_s = \dot{M} \left[ \left( \frac{V_2^2}{2} + gZ_{c2} + h_2 \right) - \left( \frac{V_1^2}{2} + gZ_{c1} + h_1 \right) \right] \quad (1)$$

onde  $\dot{Q}$  é a potência térmica (carga térmica) introduzida no volume de controle  
 $\dot{W}_s$  é a potência mecânica macroscópica introduzida no volume de controle

$$T_{M7} = \frac{P - \dot{Q}_2}{c_p \dot{M}} + T_6 \quad (6)$$

#### 4.1. Determinação de P

A potência introduzida é igual a

$$P = V_{ab} I = 148 \times 4,9 = 725,2 \text{ W}$$

4.2. Determinação da Perda  $\dot{Q}_2$

A carga térmica que atravessa o isolante pode ser avaliada fazendo-se a hipótese de que o isolante é atravessado radialmente pelas linhas de fluxo de calor. Nessas condições:

$$\dot{Q}_2 = \frac{2\pi k L_T}{\ln(D_2/D_1)} (T_4 - T_5) \quad (7)$$

onde  $k$  é a condutividade térmica do isolante fornecida pelo fabricante como 0,058 W/mK.  
 $L_T$  é o comprimento do trocador  
 $D_2$  é o diâmetro externo do isolante.  
 $D_1$  é o diâmetro interno do isolante  
 Substituindo-se os valores numéricos resulta:

$$\dot{Q}_2 = 19,6 \text{ W}$$

4.3. Determinação da Descarga  $\dot{M}$

A razão  $Q$  é determinada com o medidor Venturi:

$$Q = C_D A_2 \sqrt{2 \frac{\rho_a - \rho}{\rho} g \Delta h V} \quad (8)$$

onde  $C_D$  é o coeficiente de descarga do medidor, fornecido pelas normas DIN, usadas no projeto do Venturi  
 $A_2$  é a área da seção contraída do Venturi =  $4,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2$   
 $\rho_a$  é a massa específica da água =  $996 \text{ kg/m}^3$   
 $\rho$  é a massa específica do ar =  $1,185 \text{ kg/m}^3$

A descarga  $\dot{M}$  é igual ao produto  $\rho Q$ . Com os valores numéricos obtém-se com a equação (8):

$$\dot{M} = 2,75 \times 10^{-2} \text{ kg/s}$$

4.4. Determinação da Temperatura Média de Mistura Prevista para a Saída

A equação (6) pode finalmente ser empregada para o cálculo de  $T_{7M}$  fornecendo:

$$T_{7M} = 51,5^\circ\text{C}$$

O valor calculado acima difere pouco dos valores observados na seção de saída, quais sejam:

$$T_{71} = 53,3^\circ\text{C}, T_{72} = 51,9^\circ\text{C} \text{ e } T_{73} = 53,0^\circ\text{C}$$

5. PREVISÃO DA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA AO LONGO DO TUBO

5.1. Determinação da Temperatura do Ar  $T(x)$

A análise desenvolvida a seguir, apresentada em [2] e [3] leva à determinação do perfil longitudinal de temperatura do fluido,  $T(x)$ , e da superfície interna do tubo,  $T_s(x)$ . Os resultados são comparados com os valores experimentais  $T_{s1}$ ,  $T_{s2}$  e  $T_{s3}$ .

Faz-se a hipótese de que o fluxo de calor entre o tubo e o ar,  $\dot{q}$ , é uniforme:

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}_1}{\pi D_i L_T}$$

A Primeira Lei da Termodinâmica aplicada ao volume de controle elementar da figura 5, com a hipótese de que a temperatura do ar no seu interior é  $T(x)$ , fornece:

$$\dot{Q}_{x+\Delta x} = \dot{Q}_x + \dot{q} \pi D_i \Delta x \quad (9)$$

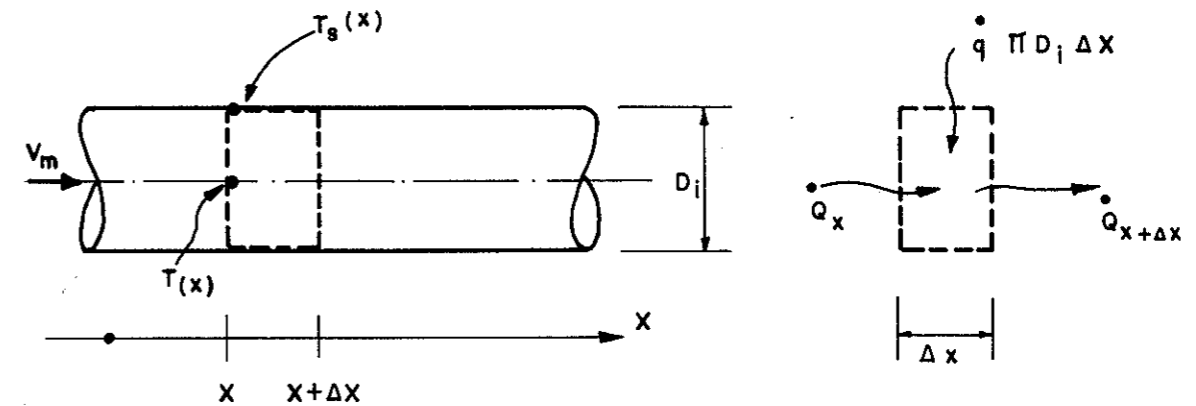


Figura 5 – Volume de controle elementar, equação (9)

As parcelas  $\dot{Q}_x + \dot{Q}_{x+\Delta x}$  são, respectivamente, as cargas térmicas advectadas de entrada e saída. Para calculá-las, faz-se a hipótese adicional de escoamento unidimensional com velocidade média  $V_m$ .

$$\dot{Q}_x = \left( \rho \frac{\pi D_i^2}{4} V_m c_p T \right)_x$$

$$\dot{Q}_{x+\Delta x} = \left( \rho \frac{\pi D_i^2}{4} V_m c_p T \right)_{x+\Delta x}$$

Como  $c_p$  varia pouquíssimo em função da temperatura e

$$\left( \rho \frac{\pi D_i^2}{4} V_m \right)_x = \left( \rho \frac{\pi D_i^2}{4} V_m \right)_{x+\Delta x}$$

de acordo com a equação da continuidade, a equação (9) reduz-se a

$$\dot{q} - \frac{\rho c_p D_i V_m}{4} \cdot \frac{T_{x+\Delta x} - T_x}{\Delta x} = 0$$

ou, no limite, quando  $\Delta x \rightarrow 0$

$$\dot{q} - \frac{\rho c_p D_i V_m}{4} \cdot \frac{dT}{dx} = 0 \quad (10)$$

A equação (10) pode ser integrada neste caso simples em que  $\dot{q}$  é constante, mas pode também ser integrada para qualquer outra alimentação  $\dot{q}(x)$  conhecida.

No caso analisado, resulta:

$$T(x) = T_6 + \frac{4 \dot{q}}{\rho c_p D_i V_m} x$$

$$\text{ou, } T(x) = T_6 + \frac{\dot{Q}_1}{c_p \dot{M}} \left( \frac{x}{L_T} \right) \quad (11)$$

que reduz-se à equação (6) quando  $x = L_T$

### 5.2. Determinação da Temperatura Superficial $T_s(x)$

Para determinar-se  $T_s(x)$  faz-se a hipótese adicional de que o coeficiente de película  $h$  é constante ao longo do escoamento. Nessas condições,  $\dot{q}$  pode ser explicitado em função de  $T$  e  $T_s$ :

$$\dot{q} = h [T_s(x) - T(x)] \quad (12)$$

Resulta finalmente

$$T_s(x) = T_6 + \frac{q}{h} + \frac{\dot{Q}_1}{c_p \dot{M}} \left( \frac{x}{L_T} \right) \quad (13)$$

### 5.3. Determinação do Coeficiente de Película $h$

Para os escoamentos no interior de tubulações o coeficiente de película  $h$  é geralmente fornecido através do número de Stanton,  $St$ , definido como

$$St = \frac{h}{\rho V_m c_p}$$

Nas formulações mais usuais  $St$  é apresentado em função do coeficiente de atrito  $C_f$  e do número de Prandtl,  $Pr$ , definidos para o exemplo sob análise por

$$C_f = \frac{\Delta p}{1/2 \rho V_m^2 L/D_i} \text{ e } Pr = \frac{\nu}{\alpha}$$

onde  $\Delta p$  é a queda de pressão do ar em escoamento  
 $L$  é a distância entre as tomadas de pressão  
 $\nu$  é a viscosidade cinemática do ar em escoamento  
 $\alpha$  é a difusividade térmica do ar em escoamento

Seguem-se quatro expressões analíticas referentes a analogias desenvolvidas por quatro autores cujos nomes a elas ficaram associados:

Analogia de Reynolds:

$$St = \frac{C_f}{8} \quad (14)$$

Analogia de Prandtl:

$$St = \frac{C_f}{8} \cdot \frac{1}{1 + 5 \left( \frac{C_f}{8} \right)^{1/2} (Pr - 1)} \quad (15)$$

Analogia de von Kármán:

$$St = \frac{C_f}{8} \cdot \frac{1}{1 + 5 \left( \frac{C_f}{8} \right)^{1/2} \{ Pr - 1 + \ln [1 + 1/6 (5Pr - 5)] \}} \quad (16)$$

Analogia de Colburn:

$$St = \frac{C_f}{8} \cdot \frac{1}{Pr^{2/3}} \quad (17)$$

Seguem-se o valor de  $V_m$  e de  $C_f$ , e os valores de  $St$  e  $h$  calculados a partir dos resultados experimentais:

$$V_m = 29,59 \text{ m/s } C_f = 0,0247$$

Analogia de Reynolds:  $St = 3,09 \times 10^{-3}$   $h = 108,9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 Analogia de Prandtl:  $St = 3,37 \times 10^{-3}$   $h = 118,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 Analogia de von Kármán:  $St = 3,69 \times 10^{-3}$   $h = 129,9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$   
 Analogia de Colburn:  $St = 3,91 \times 10^{-3}$   $h = 137,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Com os valores de  $h$  assim obtidos, são traçadas, na figura 6, as curvas preditas pelas diferentes analogias para o perfil de temperaturas  $T_s(x)$  e comparadas com os valores experimentais.

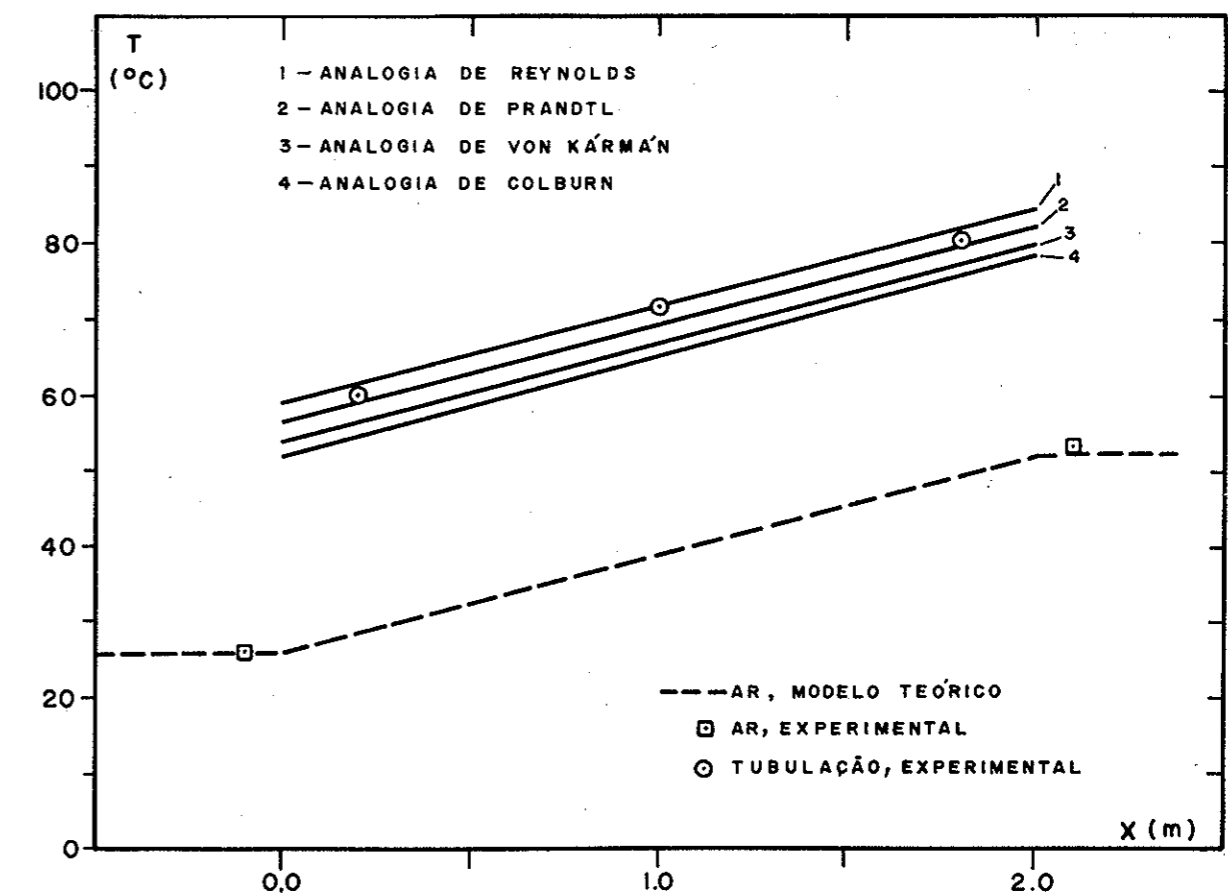


Fig. 6 - Variação da temperatura ao longo do tubo.

Para o sistema "Instalação Industrial", são válidos tanto o modelo sistêmico como o processo dinâmico relativos ao sistema "Empresa". Esses dois elementos, juntamente com o conceito de ciclo de vida, constituem-se nas três dimensões principais que orientam o processo de desenvolvimento de uma taxionomia para o entendimento de instalações industriais. A conseqüente definição de disciplinas específicas é então feita à luz do entendimento da instalação industrial como um sistema.

## II. MODELO SISTÊMICO

### CLIENTES, EMPRESAS E MERCADOS

A existência de clientes, que são pessoas (físicas ou jurídicas) com necessidades, desejos e preferências a serem satisfeitos, é a condição básica para a ocorrência de oportunidades de negócio. Em contrapartida, empresas são criadas para aproveitar essas oportunidades de negócio, através do atendimento dos desejos, necessidades e preferências dessas pessoas, pela transformação de insumos disponíveis em serviços e produtos. A ocorrência conjunta de clientes e empresas caracteriza a formação de um mercado.

Sob esse enfoque, a finalidade principal de uma empresa deve ser conquistar e manter clientes de seu mercado, quer sejam eles usuários finais dos serviços e produtos oferecidos pela empresa (como consumidores ou transformadores), quer sejam eles intermediários no processo de distribuição desses serviços e produtos. Para poder definir uma linha adequada de atuação, a empresa deve conhecer as características do mercado como um todo, as características específicas da concorrência bem como as influências e tendências do ambiente no qual o mercado está imerso. Também deve empreender esforços que assegurem a obtenção desses insumos necessários para dispor, a partir de um processo eficiente de transformação desses insumos, de uma oferta de serviços e produtos desejados pelos clientes.

O atendimento adequado dos clientes através da oferta de serviços e produtos derivados dos desejos, necessidades e preferências desses clientes, constitui o escopo do que é denominado "Marketing da empresa". Ou seja, Marketing pode ser visto como a base principal de interação da empresa com seus clientes. Além disso, em uma empresa orientada para o mercado, o Marketing deve estar integrado, de maneira efetiva, com a obtenção e transformação de insumos através da direção da empresa. Só assim, por meio do Marketing e da obtenção e transformação de insumos, integrados pela ação coordenadora da direção, a empresa pode ter fortalecida a sua posição competitiva no mercado.

### VISÃO GERAL DA EMPRESA

A formação de um mercado é caracterizada pela interação de clientes e empresas. Para poder cumprir sua finalidade, aproveitando as oportunidades de negócio criadas no mercado a partir da satisfação de necessidades, desejos e preferências dos clientes, a empresa pode ser tratada como um macro-sistema com quatro atribuições principais:

- Marketing;
- Transformação de Insumos em Serviços e Produtos;
- Obtenção de Insumos;
- Direção.

Esse macro-sistema, conforme mostrado no DIAGRAMA 2.1, pode ser considerado como constituído de quatro sistemas, cada um responsável por uma das grandes atribuições acima. Assim, a empresa é constituída pelos sistemas de Marketing, Transformação de Insumos em Serviços e Produtos, Obtenção de Insumos e Direção.

#### Marketing

Através do sistema de Marketing a empresa interage diretamente com os seus clientes, coletando informações e oferecendo serviços e produtos adequados ao mercado. De acordo com

esse enfoque, o sistema de Marketing é responsável por atividades que vão desde os estudos de mercado até o apoio logístico necessários aos serviços e produtos entregues aos clientes, passando pela caracterização, determinação de preços, distribuição e promoção desses serviços e produtos. Assim, o escopo do sistema de Marketing é coberto pelos seguintes subsistemas:

- Estudos de Mercado;
- Caracterização de Serviços e Produtos;
- Determinação de Preços;
- Esquemas de Distribuição;
- Promoção de Serviços e Produtos.

#### Transformação de Insumos em Serviços e Produtos

O sistema de Transformação de Insumos permite à empresa garantir a disponibilidade de serviços e produtos a serem oferecidos. Então, para que seja possível o processo de transformação de um suprimento adequado de insumos (em termos de recursos técnicos, humanos, financeiros e materiais e de serviços) no elenco desejado de serviços e produtos, o sistema de Transformação de Insumos inclui os seguintes subsistemas:

- Utilização de Insumos;
- Manutenção de Insumos;
- Garantia de Padrões de Qualidade de Serviços e Produtos.

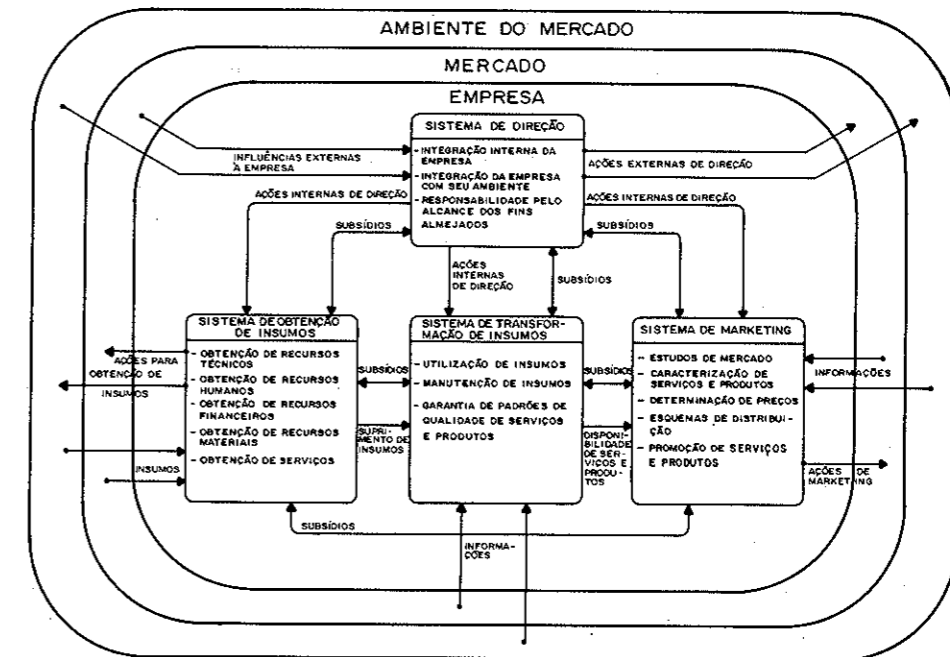


Diagrama 2.1 - Visão geral da empresa

#### Obtenção de Insumos

Para poder dispor de um suprimento adequado de insumos, a empresa conta com o sistema de Obtenção de Insumos, que é composto dos seguintes subsistemas:

- Obtenção de Recursos Técnicos;
- Obtenção de Recursos Humanos;
- Obtenção de Recursos Financeiros;
- Obtenção de Recursos Materiais;
- Obtenção de Serviços de Terceiros.

Com relação aos insumos a serem obtidos, vale a pena salientar que os recursos técnicos incluem todo o conhecimento, técnico e também todos os procedimentos, sejam eles organi-

zacionais, técnicos, econômico-financeiros, legais, políticos ou culturais. Os recursos materiais, por sua vez, são compostos de infraestrutura, edificações, equipamentos, suprimentos e matéria-prima, enquanto que os serviços de terceiros representam insumos que, por características especiais (como consultoria) ou por facilidade (como manutenção de edifícios), podem ser tratados como constituindo um todo subcontratado a terceiros.

### Direção

O sistema de Direção procura garantir o atingimento dos fins almejados pela empresa, responsabilizando-se ainda pela integração dos sistemas componentes da empresa e pela integração da empresa com seu ambiente. Assim, os seguintes subsistemas compõem o sistema de Direção:

- Integração Interna de Empresa;
- Integração da Empresa com seu Ambiente;
- Responsabilidade pelo Alcance dos Fins Almejados.

### III. PROCESSO DINÂMICO ASSOCIADO

Os sistemas que compõem a empresa têm a si associados um processo dinâmico de planejamento, funcionamento e controle, além de um sistema de informações, conforme mostrado no DIAGRAMA 3.1. Cumpre ressaltar que esse processo é válido para a empresa como um todo (macrosistema) e também para cada um dos quatro sistemas e seus respectivos subsistemas. Mais ainda, o processo continua válido para sucessivas divisões de subsistemas, que configurem sub-subsistemas, sub-sub-subsistemas, etc (por exemplo: manutenção de recursos materiais, manutenção de recursos materiais e equipamentos, etc), ou então sucessivas integrações de macrosistemas, que configurem macro-macrosistemas, macro-macro-macrosistemas, etc (por exemplo, quando a empresa for subsidiária de outra, que por sua vez também é subsidiária de outra, etc).

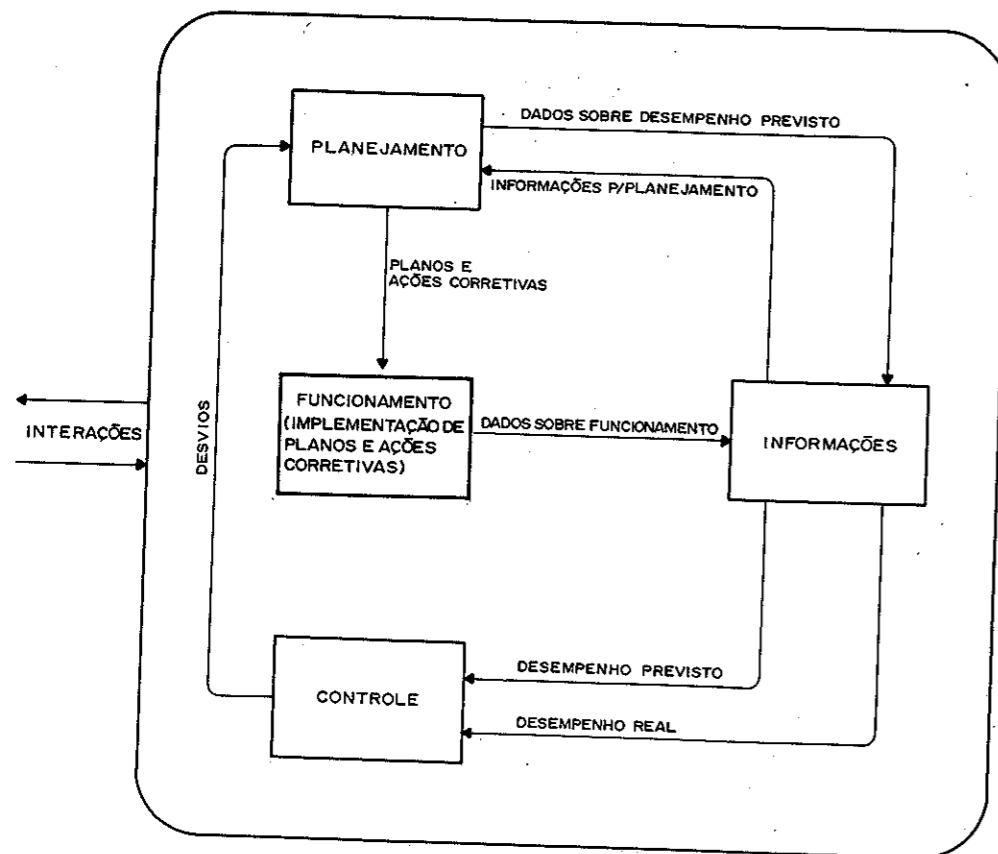


Diagrama 3.1 - Processo dinâmico associado aos sistemas

### PLANEJAMENTO

O planejamento de um sistema em qualquer nível pode ser conceituado como um processo envolvendo o conhecimento da situação; a definição dos fins almejados através do funcionamento desse sistema; a seleção dos meios através dos quais esses fins possam ser alcançados; a determinação dos insumos requeridos pelos meios selecionados e como esses insumos devem ser alocados; a programação dos passos para a implementação; a designação de responsabilidades por esses passos; a determinação de como cada aspecto, em particular, e o conjunto de aspectos, como um todo, devem ser controlados; e a definição do sistema de informações. Enfim, planejamento é um processo dinâmico de tomada de decisão antecipada sobre fins, meios, insumos, implementação, controle dos resultados e informações, a partir do conhecimento da situação.

### FUNCIONAMENTO

O funcionamento de um sistema empresarial consiste essencialmente na implementação dos planos elaborados. Isto é, obter os resultados desejados através dos meios selecionados, que por sua vez se traduzem em recursos técnicos, humanos, financeiros e materiais e serviços.

### CONTROLE

O controle de um sistema empresarial consiste basicamente da comparação entre os resultados previstos nos planos e aqueles realmente conseguidos pelo sistema. A partir dessa comparação são detectados possíveis desvios quanto aos resultados esperados ou até mesmo a impossibilidade de se atingir esses resultados. Essas informações sobre o desempenho do plano traçado para o sistema, definem as ações corretivas a serem tomadas no que se refere a modificações e atualizações do plano.

### SISTEMA DE INFORMAÇÕES

O processo de planejamento, funcionamento e controle de um sistema empresarial pode ser seriamente comprometido se não existir um sistema de informações, responsável pela coleta e processamento de dados e o conseqüente fornecimento das informações relevantes à elaboração e ao controle da implementação de planos bem como à tomada de ações corretivas.

Como o planejamento é um processo que essencialmente transforma informação em decisões, é de primordial importância a interação do sistema de informações com o planejamento. Essa interação pode ser direta ou então indireta, através do controle. Decorrente dessa interação planejamento/sistema de informações, uma característica fundamental de um bom sistema de informações, além de ser banco e processador de dados, é ter a capacidade de gerar informações e partir dos dados disponíveis, por intermédio de modelos de suporte à decisão.

### INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS NO CONTEXTO DO PROCESSO DINÂMICO

Uma etapa intermediária do planejamento, no que se refere à seleção de meios, é a definição de programas para se atingir os fins almejados pela empresa. Associados a programas estão as instalações industriais que, à semelhança da empresa à qual pertencem, também podem ser consideradas como sistemas que prestam serviços ou produzem bens visando atender necessidades, desejos e preferências de clientes. Esse atendimento aos clientes é direto quando houver delegação de competência, total ou parcial, da empresa, ou então a instalação industrial for a própria empresa. O atendimento é indireto quando feito através da empresa, que pode ser considerada como o único cliente da instalação industrial. Desse modo, uma instalação industrial está inserida no contexto do planejamento da empresa como



o meio ou como um dos meios para atender, direta ou indiretamente, necessidades, desejos e preferências de clientes da empresa.

#### IV. CONCEITO DE CICLO DE VIDA

Essencialmente, o conceito de ciclo de vida é o reconhecimento de que uma instalação industrial tem a si associada um período de existência, que se inicia com a identificação da necessidade pela instalação industrial e passa pelos processos de concepção, implantação, operação e desativação. Um ponto a ser enfatizado é a hipótese de que a instalação industrial não existe por si só, mas sim como uma decorrência do fato de ter sido selecionado como um meio, através do qual fins almejados pela empresa à qual pertence devem ser atingidos.

Em termos mais específicos, a partir do conceito de ciclo de vida podem ser identificados as seguintes fases associadas à existência da instalação industrial:

##### – CONCEPÇÃO

Toma a identificação da necessidade pela instalação industrial como ponto de partida, passando por termos de referência, propostas alternativas, estudos preliminares, anteprojetos, tendo seu final nos projetos de execução.

##### – IMPLANTAÇÃO

Nessa fase a instalação é construída de acordo com os projetos de execução, com a implantação dada por encerrada somente após o período de pré-operação.

##### – OPERAÇÃO

Após a implantação, a instalação industrial tem seu período de operação, quando então deve ser utilizada de modo a atingir os fins operacionais almejados.

##### – DESATIVAÇÃO

Após um período de operação, que pode ser curto, longo ou mesmo não ser iniciado, a instalação industrial encerra sua vida útil, por desgaste natural, obsolescência ou qualquer outro motivo. Nesse ponto, ela é totalmente desativada ou então sofre um processo de reciclagem ou reforma total.

Conforme o DIAGRAMA 4.1, que mostra graficamente as quatro fases e suas interações, os contornos entre essas fases podem, em muitos casos, não ficar claramente definidos, principalmente devido à realimentação contínua que existe entre elas. O entendimento desse processo de realimentação e a sua efetiva consideração é, aliás, uma característica marcante do conceito de ciclo de vida.

Com relação às fases do ciclo de vida, é interessante notar que durante a fase de operação a instalação industrial existe e funciona, podendo sofrer revisões sempre que necessário. Durante a fase de desativação, a instalação industrial também existe, mas está em desativação ou reciclagem. Por outro lado, durante as fases de concepção e de implantação, a instalação industrial ainda não existe, estando em processo de obtenção. Desse modo, a fase de operação

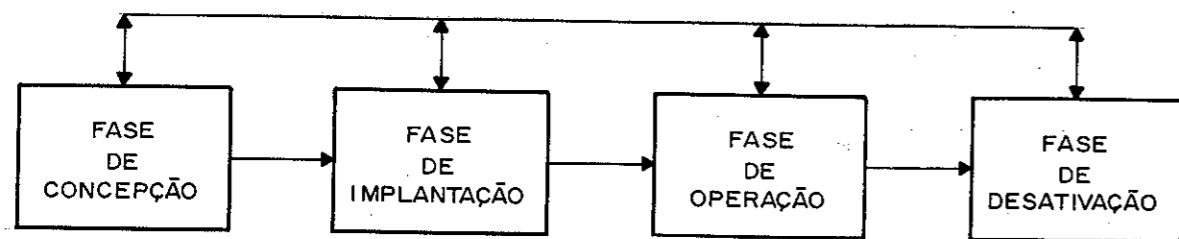


Diagrama 4.1 – Ciclo de vida da instalação industrial

de instalação industrial corresponde ao seu funcionamento operacional, enquanto que durante as outras fases há a execução de esforços específicos, ora de obtenção (fases de concepção e de implantação), ora de desativação ou de reciclagem (fase de desativação).

#### V. TAXIONOMIA PARA O ENTENDIMENTO DE INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS

Conforme apresentado, uma instalação industrial constitui-se no meio ou em um dos meios para atender, direta ou indiretamente, necessidades, desejos e preferências de clientes da empresa à qual pertence. Dentro desse enfoque, a finalidade principal da instalação industrial confunde-se com a da própria empresa: conquistar e manter clientes. Assim, à semelhança da empresa a qual pertence, a instalação industrial pode ser considerada como um macrosistema constituído dos sistemas de Direção; Obtenção de Insumos; Transformação de Insumos em Serviços e Produtos e Marketing.

A validade do processo dinâmico para a instalação industrial está intimamente ligada ao conceito de ciclo de vida. Assim, com relação à fase de operação, o processo dinâmico apresentado para a empresa é integralmente aplicável. Quanto a cada uma das outras fases, a única diferença reside na natureza das atividades de implementação de planos e ações corretivas: durante a fase de operação há o funcionamento operacional enquanto que às demais fases corresponde a execução de esforços específicos de concepção, implantação ou desativação. Assim, a menos da mudança do termo "funcionamento" por "execução", tanto na descrição do processo dinâmico como no DIAGRAMA 4.1, tudo o que foi apresentado para o processo associado à empresa (e válido para a fase de operação da instalação industrial), é também válido para as fases de concepção, implantação e desativação da instalação industrial. DIAGRAMA 5.1 representa o processo dinâmico já modificado. Por ser idêntico ao DIAGRAMA 4.1 (a menos da mudança de "funcionamento" por "execução"), o DIAGRAMA 5.1 não é mostrado.

Desse modo, cada um dos sistemas considerados no modelo sistêmico da instalação industrial, seja a nível da instalação industrial como um todo ou seja a nível dos sistemas empresariais e de seus respectivos subsistemas, tem a si associado um processo dinâmico de planejamento, funcionamento ou execução e controle, além de um sistema de informações. O ponto a ser enfatizado é que qualquer sistema existente no âmbito da instalação industrial, independente de sua natureza e nível, pode ser compreendido em termos desse processo dinâmico.

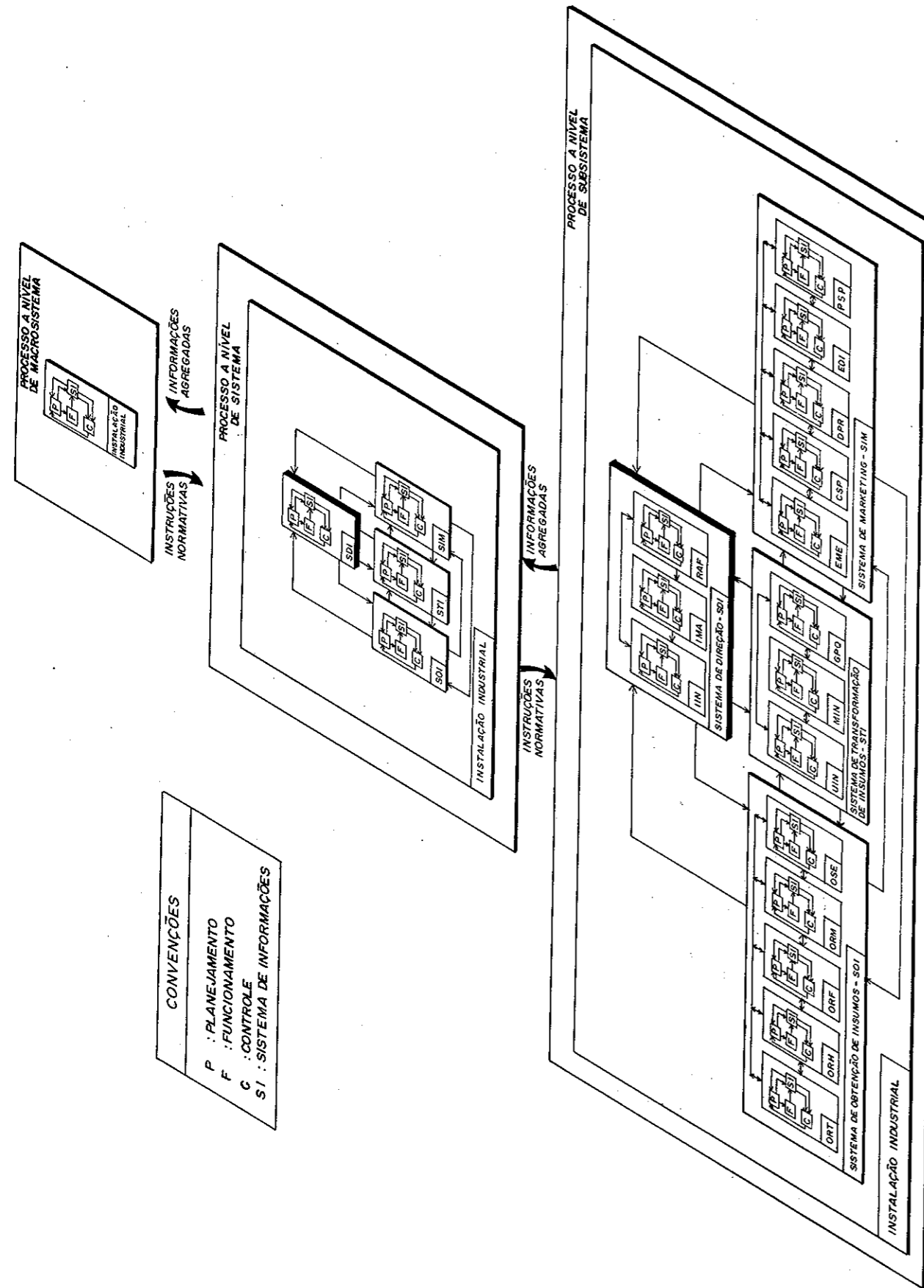
Assim, levando em consideração as características distintas quanto à implementação de planos e ações corretivas nas diferentes fases de seu ciclo de vida, a representação da instalação industrial em termos do processo dinâmico associado pode ser segmentada em dois modelos: um correspondente à fase de operação, conforme mostra o DIAGRAMA 5.2, e o outro às fases de concepção, implantação e desativação, representado no DIAGRAMA 5.3. Por ser idêntico ao DIAGRAMA 5.2 (a menos da mudança de F: funcionamento por E: execução), o DIAGRAMA 5.3 não é mostrado. Ainda com relação ao DIAGRAMA 5.2, convém salientar que, devido às características de coordenação inerentes ao seu escopo, o sistema de Direção tem uma certa ascendência sobre os outros sistemas. Essa ascendência é representada graficamente pelo destaque dado ao bloco do sistema de Direção.

Nesse ponto já estão disponíveis todos os elementos necessários à taxionomia de instalações industriais. O DIAGRAMA 5.4 sintetiza graficamente todos esses elementos, explicitando inclusive, a localização e o papel de cada um dos diagramas apresentados, constituindo-se então na taxionomia que permite o entendimento de instalações industriais.

#### VI. DISCIPLINAS ESPECÍFICAS

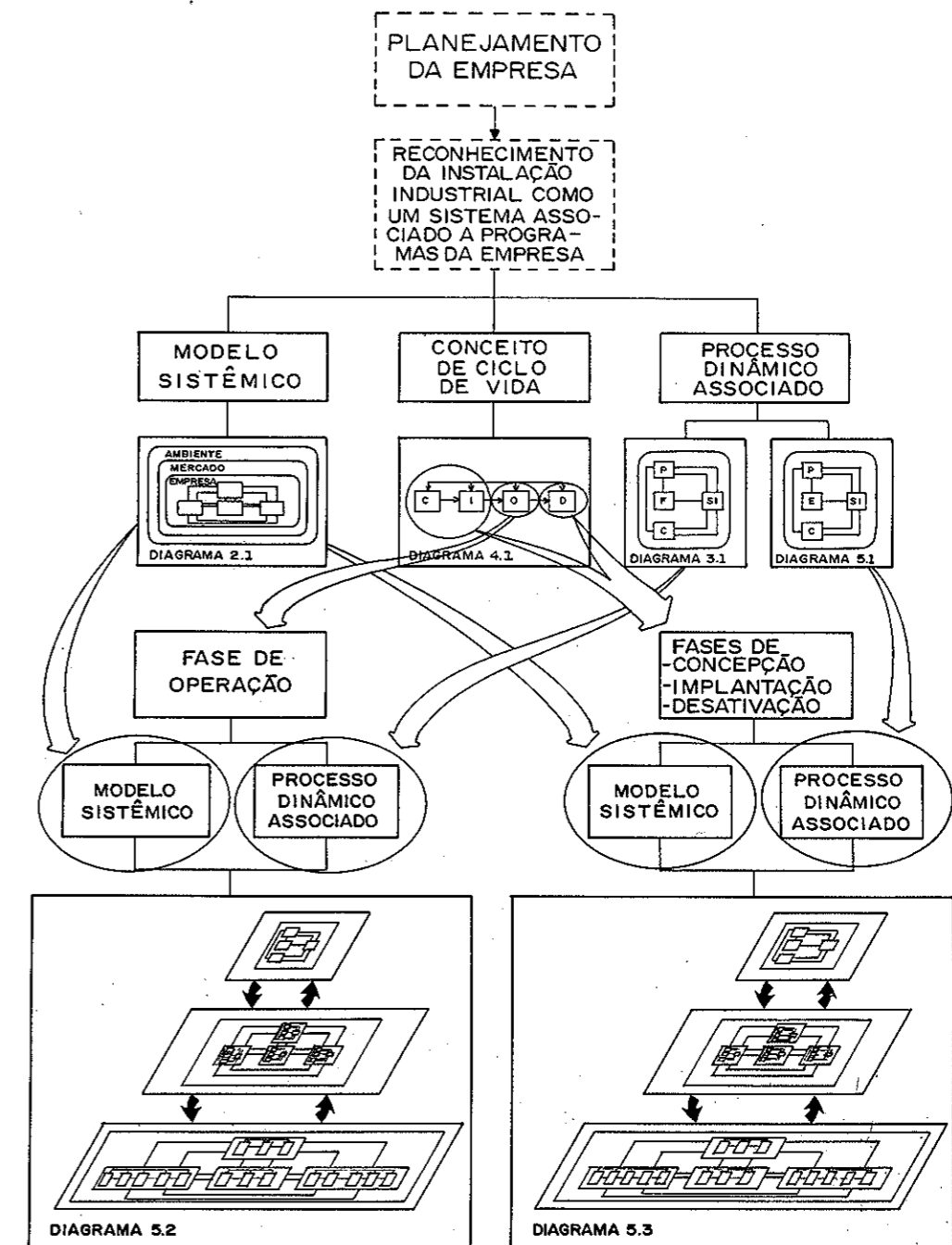
No que concerne à estruturação de disciplinas do curso de Engenharia Mecânica da UnB, são oferecidas duas disciplinas, cada uma com carga horária de sessenta horas, tomando como referência a taxionomia mostrada no DIAGRAMA 5.4.

Assim, "Instalações Industriais 1" abrange tópicos relativos à fase de operação da instalação industrial, correspondente ao lado esquerdo do DIAGRAMA 5.4. A idéia básica da disci-



plina é transmitir aos alunos os conceitos básicos associados ao funcionamento operacional de uma instalação industrial existente, com ênfase especial no Sistema de Transformações de Insumos em Serviços e Produtos como um todo e em alguns aspectos dos outros sistemas. Especificamente, são cobertos os seguintes tópicos:

- sistemas e modelos;
- visão geral da empresa e de instalações industriais (basicamente o conteúdo deste trabalho);
- planejamento, controle e sistema de informações associados à fase de operação dos seguintes subsistemas:
  - utilização de insumos (em tópicos usualmente conhecidos como "planejamento e controle da produção");



- manutenção de insumos (ênfase em manutenção de recursos materiais);
- garantia de padrões de qualidade de serviços e produtos (introdução ao controle de qualidade);
- estudos de mercado (principalmente técnicas de previsão);
- obtenção de recursos materiais (principalmente modelos de estoques).

Em "Instalações Industriais 2", por outro lado, que corresponde ao lado direito do DIAGRAMA 5.4, são apresentados os conceitos básicos relativos ao processo de obtenção da instalação industrial (fases de concepção e implantação), com rápidas pinceladas sobre a fase de desativação, completando-se assim a cobertura do ciclo de vida da instalação. Os tópicos cobertos por essa disciplina são os seguintes:

- processo de planejamento da empresa e colocação das instalações industriais no contexto desse processo;
- planejamento, controle e sistema de informações associados às fases de concepção, implantação e desativação (ênfase à fase de concepção) do macrosistema Empresa, com especial atenção nos seguintes tópicos:
  - planejamento e controle de projetos;
  - técnicas de caminho crítico;
  - localização industrial;
  - arranjo físico;
  - avaliação econômica de investimentos;
- outros tópicos (usualmente em forma de seminários):
  - tempos e métodos;
  - custos industriais;
  - higiene e segurança do trabalho;
  - avaliação de investimentos a custos sociais;
- projeto, a nível de estudo preliminar, de uma instalação industrial.

Um ponto importante a ser destacado é que essa última disciplina tem "Instalações Industriais 1" como pré-requisito, pois é preciso primeiro entender a operação para se poder então conceber, implantar e mesmo desativar e reciclar uma instalação industrial.

## VII. CONCLUSÕES

O modelo sistêmico desenvolvido, juntamente com o conceito de ciclo de vida e do processo dinâmico associado aos sistemas no âmbito da instalação industrial, fornecem a base para a obtenção da taxionomia para o entendimento de instalações industriais e a conseqüente definição de disciplinas específicas.

Para o caso particular do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília, foram definidas duas disciplinas específicas. A taxionomia desenvolvida, entretanto, pode ser utilizada para definir outras disciplinas, diferentes daquelas, ou mesmo para orientar reagrupamentos de disciplinas existentes.

Outra contribuição da abordagem é facilitar aos alunos identificarem, a nível de instalação industrial como um todo, oportunidades de propostas de estágios supervisionados.

Pode também ser ressaltado que, a menos de adaptações no modelo sistêmico, é possível utilizar a mesma abordagem para outras instituições que não instalações industriais, como por exemplo instalações hospitalares, firmas prestadoras de serviços e entidades governamentais.

Finalmente, as conclusões mais ambiciosas e também mais polêmicas. Apesar de ter sido dirigida especificamente ao ensino de Instalações Industriais, a abordagem apresentada pode dar subsídios à estruturação do currículo de Engenharia Mecânica. Assim, a Empresa, que é uma organização que operacionaliza o regime de propriedade de bens e serviços inerentes ao Sistema Econômico, pode ser entendida dentro de um modelo global de sociedade. Dentro desse enfoque, as Matérias de Formação Geral deveriam dar uma visão geral da sociedade, mostrando tanto o posicionamento relativo da Empresa na sociedade como também suas inter-relações com outras organizações dos sistemas que compõem a sociedade. As matérias de Formação Profissional Geral e Formação Profissional Específica podem tomar como base a taxionomia do DIAGRAMA 5.4, com concentrações em matérias associadas às fases do ciclo de vida da instalação industrial: concepção (projetos), implantação (construções e montagens), operação (operação e manutenção) e desativação (desativação e reciclagem).

## ARTIGO

### REDUÇÃO DA INCERTEZA EM MEDIDAS DE CORRENTES CONTÍNUAS EM ELETRÔNICA

B.J. Mass\*

MASS, B.J. Redução da incerteza em medidas de correntes contínuas em eletrônica. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 105-111, 1º sem. 1983.

O emprego de uma fonte de correntes padrão e de regressão linear revela que é possível estabelecer coeficientes para corrigir os valores indicados de correntes contínuas tipicamente encontrados em semicondutores, reduzindo assim a incerteza nas medidas. A idéia é simples e pode ser estendida a correntes alternadas e outras variáveis. Neste trabalho são comunicados alguns resultados particulares demonstrando que o procedimento pode ser introduzido nos laboratórios de ensino das universidades e escolas técnicas.

Medidas de corrente. Incerteza. Fonte de correntes padrão. Análise de regressão.

MASS, B.J. Reduction of the uncertainty in measurements of DC currents in electronics. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 105-111, 1º sem. 1983.

The utilization of a standard current source and of linear regression reveals that it is possible to establish coefficients to correct the indicated values of DC currents typically encountered in semiconductors, thus reducing the uncertainty in measurements. The idea is a simple one and can be extended to AC currents and other variables. In this paper some particular results are reported demonstrating that the procedure can be introduced in the teaching laboratories of universities and technical schools.

Current measurement. Uncertainty. Standard current source. Regression analysis.

## I. INTRODUÇÃO

Não obstante o grande desenvolvimento da eletrônica e dos instrumentos eletrônicos de medida nas últimas décadas, do ponto de vista de engenharia a incerteza nos resultados de medidas continua sendo um problema de interesse educacional.

Para medir corrente, tensão e resistência, por exemplo, continuamos sem poder contar com instrumentos de precisão significativamente melhor que a ordem de grandeza usual de 3% a 5% e que sejam ao mesmo tempo suficientemente baratos para serem adotados em larga escala nos laboratórios de ensino. Por outro lado, o hábito de indicar a incerteza em torno de dados apresentados em relatórios, artigos e trabalhos científicos em geral, não é comum, caracterizando uma situação contraditória na ciência e na tecnologia[7], cuja solução interessa ao ensino de engenharia.

Com esse trabalho pretende-se sugerir um procedimento que uma vez ensinado a estudantes de graduação de engenharia elétrica pode ser executado rotineiramente, envolvendo o estudante numa atmosfera de preocupação pela incerteza e pelos erros nos processos de medida. A idéia consiste em determinar a relação existente entre os valores reais de correntes e os valores indicados por um multímetro comum que sofreu diferentes tipos de descalibração. Se esta relação for linear então poucas medidas são suficientes para se determinar os dois números que caracterizam a relação funcional entre valores reais e valores lidos numa determinada escala. De posse desses números um aluno pode facilmente corrigir cada valor lido na escala em questão. A determinação dos coeficientes exige uma fonte de correntes padrão e uma calculadora programável, que deve ser do tipo "de bolso" para que o método possa ser aplicado com

\* Aluno de pós-graduação no Depto. de Eletricidade da Escola de Engenharia de São Carlos, USP. Professor de Circuitos Eletrônicos da Faculdade de Engenharia de Barretos. Endereço: Caixa Postal 487. 13.560. São Carlos, SP, Brasil.

flexibilidade em laboratório. Se a relação entre os valores reais e os valores indicados não for linear, ainda assim o método é aplicável, mas torna-se necessário não apenas um número maior de medidas para caracterizar a relação funcional, como também uma aproximação conveniente para cada função, o que é possível com a maioria das calculadoras empregadas atualmente.

Os valores corrigidos apresentam uma melhora sensível, apesar de que quantitativamente essa melhora depende de cada caso particular. Somente resultados particulares do caso linear são apresentados nesse trabalho, com o objetivo único de expor a idéia.

Uma análise rigorosa levando em conta a incerteza inerente ao gerador de correntes padrão e ao processo de regressão, poderá indicar as limitações do método. Nesse sentido, vale a pena examinar a Ref. [2] por se tratar de uma avaliação crítica dos programas de regressão mais comuns em calculadoras pessoais.

## II. UMA ORIGEM DO PROBLEMA

Uma experiência comum em cursos de engenharia elétrica é a construção de um gráfico mostrando ganho estático de corrente versus corrente de coletor para um determinado transistor. O gráfico é construído a partir de pares de correntes de base e de coletor, medidas com um ou dois multímetros. A maioria dos multímetros analógicos normalmente empregados em ensino tem uma precisão da ordem de 3% da máxima deflexão (fundo de escala), nas medidas de corrente.

A incerteza cresce porcentualmente sobre os valores indicados à medida que o ponteiro se aproxima da origem de uma escala. Para uma escala de 30 mA por exemplo, 3% significa 0,9 mA, mas uma leitura de 18 mA nessa escala terá 5% de incerteza. Uma leitura de 9 mA terá 10% de incerteza, e assim por diante. Ao passarmos de uma escala para outra há sempre um salto na incerteza nominal como mostra a Fig. 1.

Passando de 28 mA para 32 mA por exemplo, somos forçados a mudar da escala de 30 mA para a escala de 100 mA, e se a precisão nominal for 3% de máxima deflexão, teremos uma incerteza bem diferente para cada uma das medidas: 28,0 mA  $\pm$  0,9 mA e 32,0 mA  $\pm$  3,0 mA. Por outro lado, ao medirmos valores em seqüência, como é o caso na determinação do ganho estático, ocorrerão descontinuidades que serão visíveis no gráfico.

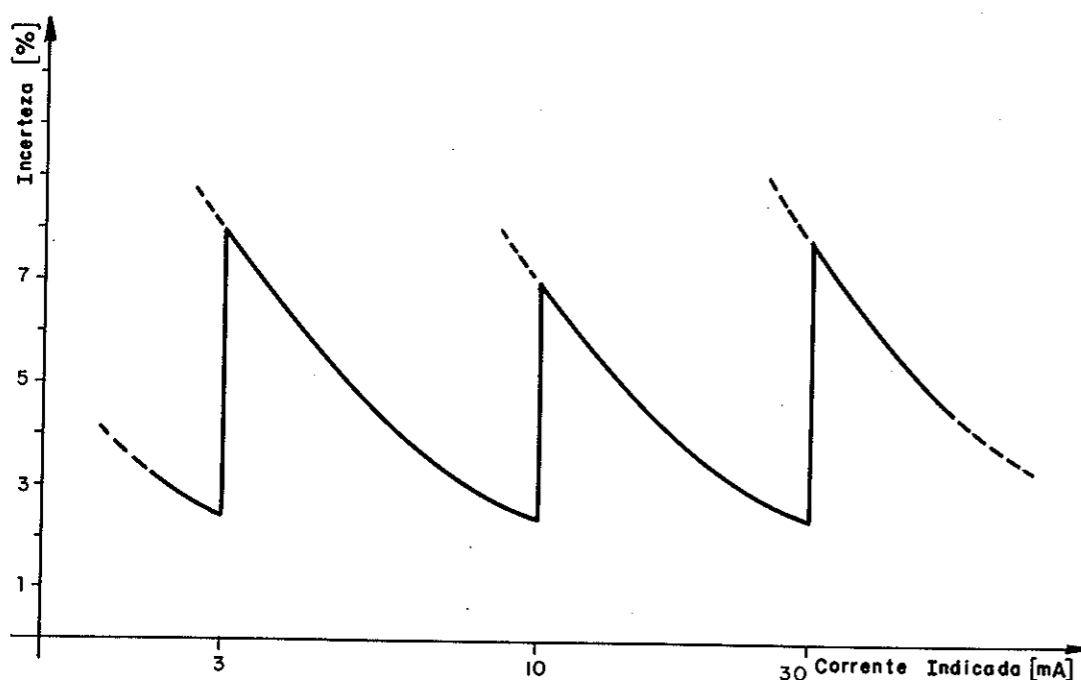


Fig. 1 — Comportamento típico da incerteza nas escalas de corrente de um multímetro analógico. As divisões no eixo das abscissas indicam os limites superiores das diferentes escalas.

Um outro processo que causa deterioração no resultado de medidas é uma espécie de ampliação da incerteza que ocorre quando se calcula uma função de uma ou mais medidas. Esse é o caso de  $h_{FE}$ , como mostra o desenvolvimento abaixo, considerando-se uma imprecisão nominal de 3% sobre os valores de corrente medidos:

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} \quad \text{Ganho estático de corrente} \quad (1)$$

$h_{FE}^*$  — Ganho estático calculado  
 $I_C^*$  — Corrente de coletor indicada  
 $I_B^*$  — Corrente de base indicada

$$h_{FE} = \frac{I_C^* \pm 3\%}{I_B^* \pm 3\%} \quad (2)$$

Desenvolvendo-se (2) tem-se

$$h_{FE} \approx \frac{I_C^*}{I_B^*} + 6,19\% - 5,83\%$$

ou

$$h_{FE} \approx h_{FE}^* + 6,19\% - 5,83\% \quad (3)$$

A expressão (3) ocorre nas melhores condições, considerando apenas a precisão nominal sobre valores muito próximos da máxima deflexão. Numa situação típica poderíamos ter por exemplo  $I_C^* = 31$  mA e  $I_B^* = 0,31$  mA; a corrente de coletor seria lida na escala de 100 mA e a corrente de base na escala de 100 micro A. O ganho estático de corrente seria

$$h_{FE} = \frac{31 \pm 10\%}{0,31 \pm 10\%}$$

$$h_{FE} \approx 100 + 22,22\% - 18,18\% \quad (4)$$

A incerteza em (4) ocorreria com um instrumento de precisão nominal de 3%, sem considerar a incerteza imposta pela resolução e sem considerar problemas com a calibração. A precisão nominal de um multímetro pressupõe que o instrumento esteja calibrado, mas instrumentos portáteis, de circuito ativo sofrem dois tipos de descalibração. Em primeiro lugar a calibração inicial feita pelo usuário pode eventualmente se deteriorar, devido a descarga das baterias ou a uma causa qualquer. Em segundo lugar, a calibração interna feita pelo fabricante ou laboratório de padrões degrada em razão de vários fatores incluindo envelhecimento e substituição de componentes. Torna-se claro, portanto, que qualquer descalibração adiciona uma componente de incerteza não conhecida, que pode piorar intoleravelmente uma medida. A título de ilustração a Tabela I mostra os erros encontrados quando correntes conhecidas foram lidas num multímetro eletrônico Philips PM 2403/5, no Departamento de Eletricidade da Escola de Engenharia de São Carlos. As correntes injetadas no multímetro foram geradas por uma fonte de correntes padrão Yokogawa YEW 2853. Pode-se observar que os erros foram grandes apesar do multímetro ter sido cuidadosamente calibrado pelo usuário.

## III. UMA SOLUÇÃO POSSÍVEL

Os problemas de calibração dificultam um dimensionamento completo da incerteza de um multímetro, e por isso o tabelamento dos erros em cada escala representa uma solução possí-

TABELA I

ERROS EM ALGUMAS MEDIDAS DE CORRENTE NUM MULTÍMETRO ELETRÔNICO PM 2403/5		
Corrente Injetada [ $\mu$ ADC]	Corrente Indicada [ $\mu$ ADC]	Erro Aprox. [%]
0,100	0,180	80,00
0,200	0,280	40,00
0,300	0,390	30,00
0,400	0,480	20,00
0,500	0,590	18,00
0,600	0,680	13,33
0,700	0,780	11,43
0,800	0,890	11,25
0,900	0,990	10,00

OBS.: Os valores indicados são arredondados de tal forma que a incerteza devido a resolução não é aparente na tabela.

vel, ainda que limitada. Os dados apresentados a seguir são resultantes de uma experiência do autor no Departamento de Eletricidade da Escola de Engenharia de São Carlos, na qual todas as escalas de corrente de várias unidades diferentes de um multímetro eletrônico Philips modelo PM 2403/5 foram comparadas com as correntes geradas por uma fonte padrão Yokogawa modelo YEW 2853. Determinou-se que a corrente indicada em cada escala de cada instrumento está linearmente relacionada com os valores verdadeiros.

O multímetro PM 2403/5 é representativo dos instrumentos empregados em laboratórios de ensino de engenharia, o que permite generalizar para outros instrumentos a solução sugerida. Uma descrição mais ou menos completa do PM 2403/5 encontra-se em [1] e [5]. Quanto ao gerador ou fonte de correntes padrão, trata-se de um instrumento com precisão nominal de 0,07% mais ou menos uma divisão (resolução), com os valores de corrente programados no painel através de chaves digitais. A incerteza sobre os valores de corrente gerados, sendo pelo menos uma ordem de grandeza melhor que a precisão nominal dos multímetros mais comuns (analógicos), permite que estes valores sejam considerados verdadeiros numa aproximação de primeira ordem. Durante as experiências a fonte de correntes padrão revelou-se um instrumento precioso e indispensável para a implementação da idéia central desse trabalho.

Uma vez observada uma aparente linearidade no gráfico de corrente injetada versus corrente lida ou indicada numa determinada escala, aplicou-se regressão linear [2] e [6] para se obter a corrente real em função da corrente lida, de acordo com o seguinte modelo:

$$I_{\text{real}} = m I_{\text{lida}} + b \quad (5)$$

Utilizando um programa facilmente implementável na maioria das calculadoras científicas de bolso [8], foram encontrados coeficientes de correlação muito próximos da unidade para o modelo (5) aplicado a várias escalas de diferentes instrumentos. Recentemente Krane & Schechter [2] apontaram incorreções nos algoritmos mais comuns nas calculadoras. A idéia central desse trabalho contudo não se altera.

Na Tabela II tem-se uma amostra das comparações realizadas. Na coluna dos valores lidos são arrolados os valores mais prováveis, estando implícita uma resolução equivalente à metade da menor divisão. Para a escala de 1000  $\mu$ A os parâmetros do modelo (5) são:

$$\begin{aligned} m &= 1,059529349 \\ b &= 2,955670235 \end{aligned} \quad (6)$$

com coeficiente de correlação  $r = 0,9999581336$

TABELA II

EXEMPLO DE COMPARAÇÃO DE CORRENTES EM MULTÍMETRO ANALÓGICO PM 2403/5, COM FONTE DE CORRENTES PADRÃO YEW 2853		
Corrente Injetada [ $\mu$ A]	Corrente Lida [ $\mu$ A]	$\Delta I/I$ lida [%]
50	40	25,0
100	90	11,1
150	140	7,1
200	187,5	6,7
250	232,5	7,5
300	280	7,1
350	325	7,7
400	375	6,7
450	425	5,9
500	470	6,4
550	515	6,8
600	565	6,2
650	610	6,6
700	655	6,9
750	705	6,4
800	755	6,0
850	800	6,3
900	845	6,5
950	895	6,1
1000	940	6,4

OBS.: Na escala de 100  $\mu$ A a resolução é 0,5  $\mu$ A; na de 300  $\mu$ A, e na de 1000  $\mu$ A é de 5  $\mu$ A.

Com os coeficientes (6) pode-se corrigir os valores da Tabela II e construir a Tabela III cuja terceira coluna ilustra a melhora no erro típico relativamente aos valores reais das correntes. Os coeficientes (6) foram obtidos para os valores de corrente lidos na escala de 1000  $\mu$ A e naturalmente só valores desta escala constam da Tabela III.

TABELA III

VALORES DE CORRENTE CORRIGIDOS COM REGRESSÃO LINEAR			
Corrente Inj. [ $\mu$ A]	Corrente Lida [ $\mu$ A]	Corrente Corrigida [ $\mu$ A]	$I/I$ Lida [%]
350	325	347,30	-0,77
400	375	400,28	0,07
450	425	453,26	0,72
500	470	500,93	0,19
550	515	548,61	-0,25
600	565	601,60	0,27
650	610	649,27	-0,11
700	655	696,95	-0,44
750	705	749,92	-0,11
800	755	802,90	0,36
850	800	850,58	0,07
900	845	898,26	-0,19
950	895	951,23	0,13
1000	940	998,91	-0,11

Os desvios são em módulo inferiores a 0,8% sobre os valores nominais das correntes injetadas através da fonte padrão, os quais foram considerados valores reais. Levando em conta a incerteza de 0,07% inerente à fonte, então 0,9% é o limite superior para os desvios em módulo. Adicionando uma margem de segurança e tomando 1% como a incerteza sobre os valores corrigidos, ainda esta será um terço da incerteza sobre o fundo de escala para o exemplo considerado, o que sem dúvida constitui uma melhora.

#### IV. CONCLUSÕES

A idéia apresentada através de um exemplo quantitativo indica uma maneira de reduzir a incerteza em medidas de corrente usuais em laboratórios didáticos. O procedimento demanda o emprego de uma calculadora científica programável e de uma fonte de correntes padrão uma vez que se trata essencialmente do estabelecimento de uma curva de calibração otimizada por aproximação pelo método dos mínimos quadrados. A idéia básica pode ser aplicada a medidas de tensões e resistências, tanto em instrumentos analógicos como digitais. Somente correntes contínuas foram empregadas nos experimentos citados, o que não impede que o procedimento seja aplicado a correntes e tensões alternadas. A redução da incerteza para alguns dos casos particulares citados não atingiu uma ordem de grandeza, mas uma melhora concreta pode ser observada em todos os casos.

#### V. RECOMENDAÇÕES

O envolvimento de alunos de graduação de engenharia num processo rotineiro de aplicação de estatística e calibração em laboratório é desejável senão necessário. Por outro lado, qualquer processo que venha melhorar o resultado de medidas em eletrônica ou qualquer área é sempre bem-vindo. Além disso, uma forma qualquer de calibração sistemática dos instrumentos é necessária para qualquer laboratório de eletrônica. Todos esses aspectos sugerem as seguintes recomendações:

- a) Que os Departamentos de Engenharia Elétrica incorporem a seus laboratórios, quando ainda não o tiverem feito, fontes padrão para que possam ser utilizadas por alunos de graduação em experiências como sugeridas indiretamente neste trabalho. Fontes padrão em geral são bastante caras, mas podem ser desenvolvidas na própria instituição, através de projetos que podem também envolver alunos de graduação. Em [3] é descrito o circuito de uma fonte de padrão de baixo custo para uma aplicação específica, mas que pode ser modificada ou aperfeiçoada.
- b) Que nas disciplinas que tratam de medidas, nos cursos de Engenharia Elétrica, as fontes de corrente e de tensão padrão sejam incluídas em experiências específicas em laboratório, e que seu funcionamento seja analisado pelo menos do ponto de vista funcional para que não sejam ignoradas pelos alunos. As Refs. [4] e [9] são leituras recomendáveis para mestres e alunos, no interesse de se fomentar um respeito pelo rigor em medidas.
- c) Que os coeficientes por regressão para cada escala e cada instrumento, sejam revistos periodicamente e mantidos disponíveis de modo que possam ser aplicados rotineiramente em experiências didáticas ou de pesquisa, por professores e alunos que já conheçam sua origem.
- d) Que o projeto de fontes de correntes ou tensões padrão seja sugerido como tema de trabalhos individuais para alunos de graduação de Engenharia Elétrica (Eletrônica). Dos vários pontos positivos de uma iniciativa dessa natureza pode-se destacar a contribuição positiva para o esforço em desenvolver instrumentação nacional.

#### Agradecimentos

O autor agradece ao Departamento de Eletricidade da Escola de Engenharia de São Carlos pela cessão de instrumentos e laboratório.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] — KLOPPERS, H. — The PM 2403, A simple but effective multimeter. *Philips Measuring and Microwave Notes* Eindhoven, Holanda, (1): 7-8, 1971.
- [2] — KRANE, K.S. & SCHECTER, L. — Regression line analysis, *American Journal of Physics*, New York, 50 (1): 82-4, January 1982.
- [3] — LANDIS, G. & GODWIN, M. — Portable precision DC voltage — current transfer standard for electrometer calibration. *Review of Scientific Instruments*, New York, 53 (8) 1280-1, August 1982.
- [4] — METH, I.M. & ROSENTHAL, L. — An experimental approach to the teaching of the theory of measurement errors. *IEEE Trans. on Education*, New York, E-9 (3): 142-8, September 1966.
- [5] — ONSTEE, H.G. — How to select a multimeter. *Philips Electronic Measuring and Microwave Notes*, Eindhoven, Holanda, (1): 3-5, 1971.
- [6] — PUGH, E.M. & WINSLOW, G.H. — *The analysis of physical measurements*. Reading, MA, EUA, Addison-Wesley, 1966. 246 p.
- [7] — RUBIN, L. — High precision instrumentation can mean poor research results. *IEEE Instrumentation and Measurement Group Newsletter*, New York, (56): 1-2, August-September 1974.
- [8] — TEXAS INSTRUMENTOS ELETRÔNICOS DO BRASIL LTDA., Campinas, SP — *Calculadora eletrônica programável SR-56: manual de aplicações (p. 43-5)*. Campinas, SP, Texas Instrumentos, s.d., 192p. (Publicação LC 517002-A).
- [9] — WAKS, S. — A tutorial presentation of statistical procedures for educational experiments in engineering laboratories. *IEEE Trans. on Education*, New York, E-19 (4): 159-64, November 1974.

ARTIGO

UM MODELO OPERACIONAL DE PLANO DE CURSO E O ACOMPANHAMENTO DE SUA APLICAÇÃO

José Carlos da Silva\*  
Claudionor Cruz\*

SILVA, J.C. & CRUZ, C. Um modelo operacional de plano de curso e o acompanhamento de sua aplicação. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 113-119, 1º sem. 1983.

Apresentam-se considerações sobre a importância do *plano de curso* e *ficha de disciplina* como instrumentos destinados à organização das atividades docentes e discentes em cursos de engenharia. Apresentam-se também modelos operacionais dos referidos instrumentos, acompanhados de instruções para o seu preenchimento e uso. Finalmente, relata-se a experiência do colegiado de curso de engenharia mecânica da UFU na aplicação desses instrumentos nos últimos quatro semestres letivos.

Plano de curso. Ficha de disciplina. Planejamento de ensino.

SILVA, J.C. & CRUZ, C. An operational model of course plan and the following of the application. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 2: 113-119, 1º sem. 1983.

Considerations about the *course plan* and *discipline card* as important instruments to organize teaching and students activities in engineering courses. Operational models are also presented. The experience of "Colegiado do Curso de Engenharia Mecânica da UFU" in the application of these instruments for the four last semesters is related.

Course plan. Discipline card. Planning of teaching.

1. INTRODUÇÃO

O curso de Engenharia Mecânica da UFU está vinculado à estrutura acadêmica mostrada na Fig. 1.

Todas as atividades de coordenação didático-pedagógicas do curso de engenharia mecânica são da responsabilidade do colegiado de curso, que se preocupa, basicamente, com a qualidade do ensino ministrado.

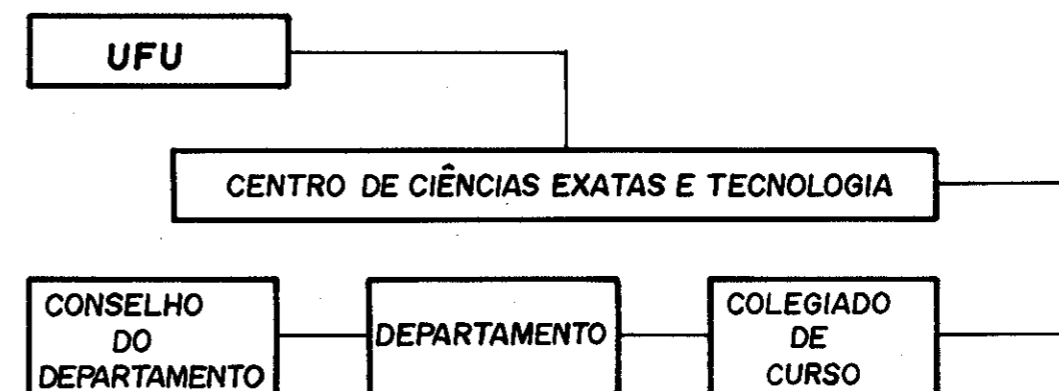


Fig. 1. Organograma parcial da UFU

\* Depto. de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, UBERLÂNDIA, MG, Brasil.

Tentando localizar os problemas mais graves que veem comprometendo a qualidade do ensino de engenharia, verificou-se o descaso generalizado com que tem sido tratado o planejamento do ensino à nível docente e, às vezes, administrativo. Salvo raras exceções, quase nenhum esforço é desenvolvido no sentido de planejar as atividades de ensino-aprendizagem à luz da metodologia pedagógica.

O preço que se paga pela administração e aplicação empíricas no ensino é que todo instrumento de controle utilizado para medir algum aspecto do desenvolvimento curricular do aluno, acaba se tornando apenas um instrumento burocrático, incapaz de atingir qualquer objetivo estabelecido. Por esta razão, o colegiado do curso de engenharia mecânica da UFU empenhou-se na elaboração de um modelo prático e funcional — tipo agenda — de um *Plano de Curso* que fosse capaz de constituir-se no guia metodológico do professor e também do aluno, na consecução dos objetivos gerais estabelecidos para uma dada disciplina do curso.

Em sua verdadeira dimensão, o *Plano de Curso* interessa ao professor como fonte de informações coordenadas, essenciais ao planejamento das atividades diárias que devem ser preparadas para os alunos, com base nos objetivos operacionais estabelecidos em cada unidade do curso.

Ao aluno o *Plano de Curso* interessa como indicador das operações (objetivos operacionais) a serem realizadas e repetidas, até o atingimento do nível de habilidade inerente a cada operação, o que pode ser traduzido simplesmente por *aprendizagem*. Interessa-lhe, também, como fonte de informações do conteúdo programático, bibliografia, avaliação, etc.

Para atender aos órgãos que tratam da administração do ensino, foi criada a *Ficha de Disciplina*, que resume as informações essenciais do *Plano de Curso*.

## 2. PREENCHIMENTO DA FICHA DE DISCIPLINA E DESCRIÇÃO DO PLANO DE CURSO.

A *Ficha de Disciplina* mostrada na figura 2 é o primeiro passo que se dá no sentido da operacionalização do currículo. É preenchida pelo seu colegiado de curso, com assessoria de

Fig. 2. Ficha de Disciplina.

Fig. 3. Folha de rosto do Plano de Curso

docentes da área afim. Os objetivos gerais e a ementa do programa são então definidos, de acordo com o currículo vigente. Se a disciplina for oferecida pela primeira vez, a bibliografia será sugerida pelo colegiado de curso devendo ser efetivada depois de aprovado o *Plano de Curso*.

O *Plano de Curso* deve ser preenchido pelo professor que terá à sua disposição o seguinte material:

Fig. 4. Plano de Curso; formulário para cada unidade de ensino-aprendizagem.

Fig. 5. Plano de Curso: verso do formulário.

- a — FICHA DA DISCIPLINA;
- b — FORMULÁRIOS DO PLANO DE CURSO, mostrados nas figuras 3, 4 e 5;
- c — INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO DO PLANO DE CURSO, mostradas no item 3, subsequente.
- d — PLANOS DE CURSOS anteriores.

No curso de engenharia mecânica da UFU o *Plano de Curso* é proposto pelo binômio professor-departamento, para ser aprovado pelo colegiado de curso, com antecedência mínima de 15 dias antes do início das aulas. Toda necessidade que envolva gastos ou operações especiais como visitas, viagens, palestras, etc., só poderá ser atendida se for prevista no *Plano de Curso*. Esta medida tem ajudado a valorizar o *Plano de Curso*, de onde saem informações para a elaboração do plano orçamentário do departamento.

## 3. PREENCHIMENTO DO PLANO DE CURSO

O Colegiado de Curso entendeu imediatamente que os professores sob a sua coordenação somente elaborariam os seus planos de curso de modo correto e capaz de possibilitar os resultados pedagógicos desejados, se contassem com um "guia prático" para a execução dessa tarefa. Foi, então, elaborado o seguinte conjunto de instruções, apresentado a seguir. Antes, porém, é necessário informar que os formulários mostrados nas figuras 4 e 5 devem formar, respectivamente, frente e verso de uma folha, que deverá caracterizar uma Unidade de Ensino-Aprendizagem do Plano de Curso. Este, por sua vez, deverá ser composto de tantas destas folhas, quantas forem as Unidades que o compõem.



**INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO DOS PLANOS DE CURSO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**1. Instruções Específicas:**

**Disciplina:**

Declarar primeiramente o código da disciplina e em seguida o seu nome. Se esta for optativa, declarar entre parêntesis.

**Nº de Alunos por Turma:**

Se a disciplina for obrigatória, declarar somente o número máximo de alunos por turma. Se optativa, declarar o número máximo e fixar em 6 (seis) o número mínimo de acordo com resolução dos Departamentos.

**Objetivos Gerais da Disciplina:**

Cada disciplina, conforme sua natureza, (teórica, prática, teórica-prática, básica ou profissionalizante) é dirigida para o aluno visando o desenvolvimento de suas capacidades e habilitando-o para outras disciplinas ou áreas de conhecimento. É necessário, todavia, expressar claramente que capacidade busca a disciplina desenvolver no aluno. Para tal, o procedimento na definição dos objetivos gerais da disciplina é o seguinte:

- I – Ter em mente a afirmativa "ao final do curso o aluno será capaz de".
- II – Selecionar um ou mais verbos no infinitivo que melhor expressem as habilidades visadas (Aplicar, projetar, distinguir, avaliar, etc.), conforme o nível de aprendizagem (domínio cognitivo) requerido.

OBS.: O item 2 apresenta os 6 níveis do domínio cognitivo, segundo a taxionomia de Bloom. O item 3 apresenta os verbos mais utilizados na definição de objetivos.

- III – Formular os *objetivos gerais* iniciando pelos verbos selecionados, conforme os exemplos seguintes:  
 "EMPREGAR técnicas e RECOMENDAR equipamentos e sistemas adequados à manutenção do meio ambiente industrial, em condições seguras de salubridade do ar e do conforto térmico", "APLICAR, a nível de indústria, os fundamentos teóricos e as técnicas relacionados com a variedade, utilização e comportamento das máquinas que operam com fluido".

**Objetivos Operacionais:**

Formulá-los de acordo com a mesma orientação anterior. Uma unidade do curso, mesmo de pequena carga horária (2 ou 4H-a), poderá visar um ou mais objetivos operacionais. Por exemplo:

*Unidade 9 – Instalações de Bombeamento (6 H-a)*

Ao término desta unidade o aluno será capaz de:

- Mencionar os elementos que compõem uma instalação de bombeamento.
- Determinar o "ponto de operação" de uma instalação de bombeamento.
- Associar bombas em série e em paralelo.

Lembrar-se de que "o objetivo geral é o objetivo dos Objetivos Operacionais.

**Procedimentos Didáticos:**

Declarar as técnicas de ensino que pretende empregar em cada unidade. Exemplos: aula expositiva, estudo do texto, experiência, resolução de problema, projeto, dinâmica de grupo, seminário, etc.

**Recursos Materiais e Humanos:**

- Quadro de giz; Retroprojeter; Filme; Transparências; Gravador; Projetor de "Slides"; "Slides"; Peças de Mostruários; Modelos; Pessoal de Apoio, etc..

**Avaliação:**

Declarar os instrumentos de avaliação (prova, teste, projeto, relatório, etc.) que serão utilizados na Unidade, dotando cada um deles do número de ordem e do valor quantitativo estabelecidos no sistema de avaliação adotado.

**Bibliografia:**

Indicar a bibliografia necessária a cada unidade, descendo ao nível de detalhamento das páginas e obedecer as normas ABNT.

**Observações:**

Como o Plano de Curso é antes de tudo um GUIA ou uma AGENDA que facilita e otimiza o trabalho do docente, o espaço intitulado OBSERVAÇÕES é reservado a todo e qualquer propósito que venha a concorrer para esses objetivos.

**Exemplos:**

- 1 – Os resultados das atividades avaliativas deverão ser do conhecimento dos alunos até 30.09.82.
  - 2 – As peças do mostruário em questão, encontram-se nas Oficinas Mecânicas devendo ser desmontadas, limpas e transportadas à sala de aula por funcionários do Departamento.
2. Resumo dos Aspectos Lógico, Psicológico e Pedagógico do Domínio Cognitivo da Taxionomia de Bloom.

	ASPECTO PSICOLÓGICO	ASPECTO PEDAGÓGICO	ASPECTO LÓGICO
1. Conhecimento	● Acentua a importância do processo da memória que consiste em recordar ou reconhecer.	● Para se obter os comportamentos descritos nos objetivos desta categoria, basta exportar a informação ao estudante.	● Esta é a categoria mais simples de todas as categorias taxionômicas.
2. Compreensão	● Refere-se a um raciocínio bastante elementar: aprender (captar). Formação de conceitos.	● O professor deve planejar a emissão de respostas do estudante que parafraseie, interprete ou decodifique a informação apresentada.	● Faz referência ao princípio de complexidade pelo qual a categoria 2 implica a 1.
3. Aplicação	● Refere-se à transferência do conhecimento adquirido: capacidade de generalizar.	● O professor deve apresentar problemas que ainda que contenham elementos semelhantes aos adquiridos na instrução, sejam novos para o estudante.	● Há um maior nº de atividades. Abrange tanto a posse do conhecimento como a habilidade para aplicá-lo.
4. Análise	● É o ponto culminante do pensamento de produção convergente. Aspecto formal.	● O professor deve apresentar problemas complexos nos quais possa avaliar o aluno segundo os seguintes tipos de erros: a) crassos; b) análise incompleta; c) análise redundante.	● A análise implica as categorias 3; 2 e 1.
5. Síntese	● Enfatiza as capacidades criativas e produtivas. Chega-se a uma variedade de respostas não determinadas p/ informação conhecida.	● Exige que o professor empregue, para a avaliação desta categoria, critérios já determinados.	● Implica as categorias 4, 3, 2 e 1 pelo princípio de complexidade.

	ASPECTO PSICOLÓGICO	ASPECTO PEDAGÓGICO	ASPECTO LÓGICO
6. Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tomada de decisões relacionadas com problemas complexos e apoiada em critérios de valor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O aluno manifestará habilidades para identificar erros, determinará quais elementos são coerentes, justos, precisos ou não, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Combina todos os comportamentos anteriores das categorias 5 a 1.</li> </ul>

3. Lista de verbos mais utilizados na formulação de objetivos

1. Conhecimento

Recordar	Identificar	Enumerar	Explicar	Classificar
Reconhecer	Definir	Distinguir	Detalhar	Demonstrar
Citar	Descrever	Exemplificar	Determinar	Caracterizar
Designar	Mencionar	Reproduzir	Mostrar	
Selecionar	Enunciar	Especificar	Expor	

2. Compreensão

Codificar	Converter	Parfrasear	Traduzir	
Relacionar	Ilustrar	Sumarizar	Deduzir	
Resumir	Distinguir	Organizar	Interpretar	
Identificar	Definir	Descrever	Exemplificar	
Explicar	Expor	Demonstrar		

3. Aplicação

Resolver	Provar	Demonstrar	Aplicar	Representar
Relacionar	Manipular	Produzir	Usar	Classificar
Provar	Preparar	Empregar	Calcular	Exemplificar
Modificar	Operar	Descrever	Determinar	
Distinguir	Discriminar	Explicar	Resolver	

4. Análise

Inferir	Decompor	Determinar	Selecionar
Enumerar	Fracionar	Separar	Diferenciar
Analisar	Detalhar	Especificar	Relacionar
Distinguir	Identificar	Descrever	Discriminar
Explicar	Designar	Caracterizar	

5. Síntese

Descobrir	Delinear	Relatar	Reconstruir
Organizar	Produzir	Narrar	Categorizar
Criar	Planejar	Sintetizar	Demonstrar
Modificar	Compilar	Construir	Gerar
Determinar	Conceber	Elaborar	Projetar

6. Avaliação

Comparar	Avaliar	Qualificar	Apreciar
Justificar	Categorizar	Contrastar	Criticar
Embasar	Julgar	Fundamentar	Estimar
Concluir	Analisar	Demonstrar	

4. ACOMPANHAMENTO DO PLANO DE CURSO

Os *Planos de Cursos* do departamento de engenharia mecânica da UFU veem apresentando sucessiva melhoria de qualidade, desde que o colegiado de curso lançou-se, há quatro semestres, na tarefa de torná-los um eficiente instrumento didático e de ação.

O preenchimento do *Plano de Curso* já se faz com maior interesse, sob a crença de que o mesmo pode conduzir à otimização de esforços para alcançar o objetivo fundamental, a aprendizagem.

O acompanhamento do *Plano de Curso*, ou mais precisamente, do seu desenvolvimento ou aplicação, é uma tarefa do colegiado de curso, que consiste em manter contatos periódicos com o professor e, quando necessário, com os alunos, ocasiões em que confronta informações obtidas desses contatos, com aquelas contidas no *Plano de Curso*. As divergências que se constituam em problemas mais sérios são discutidas no colegiado de curso e encaminhadas, com parecer, ao departamento que oferece a disciplina, para que este tome as devidas providências.

Esses encontros servem igualmente para debater com o professor as técnicas de ensino que propos utilizar e discutir o andamento do seu curso em todos os aspectos importantes.

Os contatos com os professores requerem prévia programação, de acordo com a disponibilidade de tempo de cada um. As experiências levadas a efeito pelo colegiado de curso demonstraram ser suficientes dois contatos com o professor, em cada disciplina que leciona, para que se possa avaliar o andamento do seu curso e, se for o caso, sugerir alguma revisão do *Plano de Curso* para o próximo semestre.

5. CONCLUSÕES

Este é um trabalho em andamento, sujeito às reformulações que se mostrarem necessárias, em cada ocasião. Enquanto não houver indícios claros de que a aprendizagem se deu mais e melhor para a maioria dos alunos, novos esforços terão que ser envidados, na busca deste objetivo máximo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TURRA, C.M.G. e outros. *Planejamento de ensino e avaliação*. 9ª edição. Porto Alegre, Emma/PUC-RS, 1979.  
 BLOOM, B.S. e outros. *Taxionomia de objetivos educacionais*, Porto Alegre, Ed. Globo, 1979.  
 PUENTE, M. de la. *O ensino centrado no estudante*. São Paulo, Cortez & Moraes, 1978.  
 MAGER, R.F. *Formulação de objetivos de ensino*. Porto Alegre, Ed. Globo, 1979.

ARTIGO

DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DO COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA

J. C. Gubulin\*

GUBULIN, J.C. Determinação e análise do coeficiente de transferência de massa. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 121-129, 1ª sem. 1983.

O coeficiente de transferência de massa desempenha um importante papel em muitas operações da Engenharia Química. Com o objetivo de apresentar ao aluno o problema de sua determinação experimental, é explorado, didaticamente, um equipamento simples e de fácil operação. Foi determinado e analisado o coeficiente de transferência de massa de um soluto entre duas fases líquidas em movimento.

Transferência de massa. Coeficiente de transferência de massa. Fenômenos de transporte. Transporte de massa convectivo.

GUBULIN, J.C. Determination and analysis of mass transfer coefficient. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 121-129, 1ª sem. 1983.

Mass transfer coefficient play an important role in many chemical engineering operations. A simple piece of equipment of easy operation is didactically explored with the objective of introduce to the students the problem of its determination. The mass transfer coefficient of a solute between two moving liquid fase is determined and analysed.

Mass transfer. Mas transfer coefficient. Transport phenomena. Convective mass transfer.

1. INTRODUÇÃO

Em um trabalho anterior<sup>1</sup> foi apresentada uma metodologia para a determinação do coeficiente de difusão; agora nossa atenção se volta para a determinação do coeficiente de transferência de massa completando assim nosso objetivo de apresentar ao aluno, em laboratório, os dois parâmetros fundamentais do processo de transferência de massa. Nas correlações de predição estes parâmetros estão relacionados e seus valores são fundamentais no projeto de muitas instalações industriais, sobretudo aquelas relacionadas com processos de extração por solvente.

Escolheu-se para análise um sistema binário e estudou-se o processo de transferência de um soluto entre duas fases líquidas em movimento.

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O processo de transferência de massa em sistema convectivos tem lugar, basicamente, no seio de fluidos e está inseparavelmente ligado às condições de movimento destes.

A análise cuidadosa deste problema consiste em escrever as equações diferenciais de transporte de quantidade de movimento, energia e massa bem como as equações complementares dos valores no contorno e das condições iniciais. Um exemplo de solução pode ser encontrado no trabalho de BAIRD e HO<sup>2</sup>, estudado em condições isotérmicas e no regime permanente.

Dada à complexidade do tratamento matemático e da própria formulação do problema é muitas vezes conveniente fazer-se uso de simplificações adequadas. Abandona-se assim a equa-

\* Depto. de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

ção diferencial de transporte de massa no seio do fluido e se escreve a seguinte relação empírica:

$$\phi_i^j = \pm K_{ic}^j (C_{is}^j - C_{ir}^j) \quad (1)$$

relação que define o coeficiente local de transferência de massa  $K_{ic}^j$ .

Nesta relação temos:

$\phi_i^j$ : densidade de fluxo do componente  $i$ , na fase  $j$ , avaliado em uma dada posição da superfície de separação das fases (relativo a eixos de coordenadas estacionários)

$C_{is}^j$ : concentração local do componente  $i$ , na fase  $j$ , avaliado na mesma posição onde se avaliou a densidade do fluxo.

$C_{ir}^j$ : concentração de referência do componente  $i$ , na fase  $j$ , avaliado no seio da fase  $j$ , em movimento.

O sinal na equação (1) deve ser escolhido de forma a tornar positivo o coeficiente de transferência de massa.

Como a densidade de fluxo (mássico ou molar) bem como as concentrações (mássicas ou molares, frações mássicas ou molares, etc...) admitem uma diversidade de definições, existirá uma diversidade de coeficientes de transferência de massa. Isto é indicado pelo índice  $c$  em  $K_{ic}^j$ .

Mesmo que se conheça o fluxo e se defina uma concentração de referência no seio do fluido, a aplicação da relação (1) está indefinida uma vez que a concentração na interface é desconhecida.

Uma hipótese amplamente aceita, com exceção de casos de resistências interfaciais, como por exemplo a presença de tensoativos, é a de que existe equilíbrio de fases na interface, ou seja, as concentrações interfaciais em uma fase estão relacionadas termodinamicamente com as concentrações interfaciais em outra fase se existir o contato entre elas. Assim, na interface, vale a relação:

$$\hat{f}_{is}^I = \hat{f}_{is}^{II} \quad (2)$$

onde  $\hat{f}_{is}$  é a fugacidade do componente  $i$  na solução, avaliado na interface.

A equação (2) estabelece uma igualdade das fugacidades nas fases  $I$  e  $II$  em contato e, conseqüentemente, uma relação entre as composições interfaciais das duas fases.

O problema e o tratamento de transferência de massa entre fases está descrito em praticamente todos os textos de fenômenos de transporte.

### 3. DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DE $K_p$

Trataremos o caso simples da transferência de massa entre uma fase orgânica, saturada com água, colocada no seio de uma fase aquosa em movimento. Estaremos apenas interessados em avaliar o coeficiente de transferência de massa do soluto (fase orgânica) na fase aquosa. Abandonaremos portanto o índice  $j$ . Por outro lado usaremos a densidade de fluxo em base mássica e as concentrações em termos de concentrações em massa, pelo seu uso freqüente em Engenharia Química. Assim, temos:

$\phi_i$ : massa do componente  $i$  cruzando a unidade de área na unidade de tempo

$\rho_i$ : massa do componente  $i$ , por unidade de volume da solução

Nestas condições a relação (1) torna-se

$$\phi_i = K_{ip} (\rho_{is} - \rho_{ir}) \quad (3)$$

onde se escolheu o fluxo como um número positivo.

O equipamento utilizado está esquematizado na figura 1. Consta de uma célula cilíndrica, de vidro, com 60cm de comprimento e 0,70cm de raio. Na parte superior da célula foi construída, em vidro, uma obstrução de forma ogival, com prosseguimento em haste fina, e posicionada no centro da célula. Sua parte côncava é uma calota esférica como mostra a figura 1. Entre a calota e a parede da célula existe uma distância de 0,1cm, permitindo a passagem de fluido. Este dispositivo tem como finalidade manter estacionária a posição da fase orgânica.

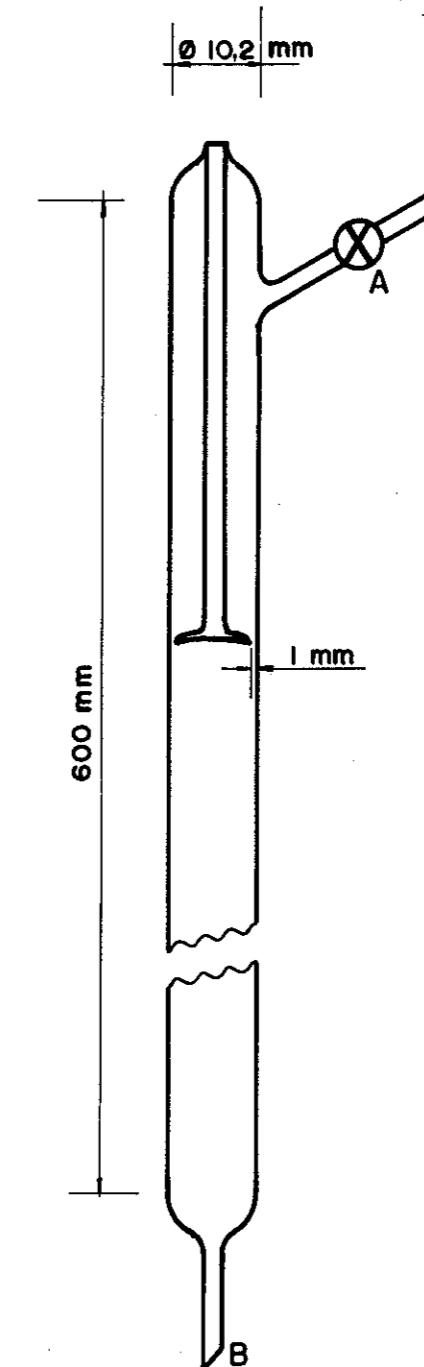


Fig. 1 - Esquema da célula.

A operação se inicia pré-saturando a fase orgânica com água. Em seguida inverte-se a posição da célula (colocando-se a saída B na parte superior) e abre-se a válvula A deixando a água circular, por algum tempo, até a eliminação completa de bolhas de ar, fecha-se então a válvula A e retira-se, com uma seringa, um volume de água, até que o menisco desça aproximada-

mente dez diâmetros da célula. Ainda com o auxílio de uma seringa, toma-se a fase orgânica pré-saturada com água, e completa-se o volume da célula. A seguir volta-se a célula para sua posição original (saída B para baixo) escolhendo-se antes uma posição inclinada para que a velocidade de subida da gota seja lenta e o acoplamento com a calota esférica seja suave. Estando a gota acoplada e a célula na vertical, seleciona-se a vazão pela abertura da válvula A. Espera-se por um minuto a entrada em regime.

A experiência consiste em anotar o comprimento inicial da gota,  $L_0$ , e o instante inicial da contagem dos tempos,  $t_0$ .

A seguir, em intervalos regulares ou arbitrários anotar  $L$  e  $t$ . Os valores de  $L$  e  $t$  deverão ser tomados até o momento em que a gota diminuir cerca de 10% em seu valor inicial,  $L_0$ . Valores maiores implicam em perdas das hipóteses a serem formuladas no tratamento do problema.

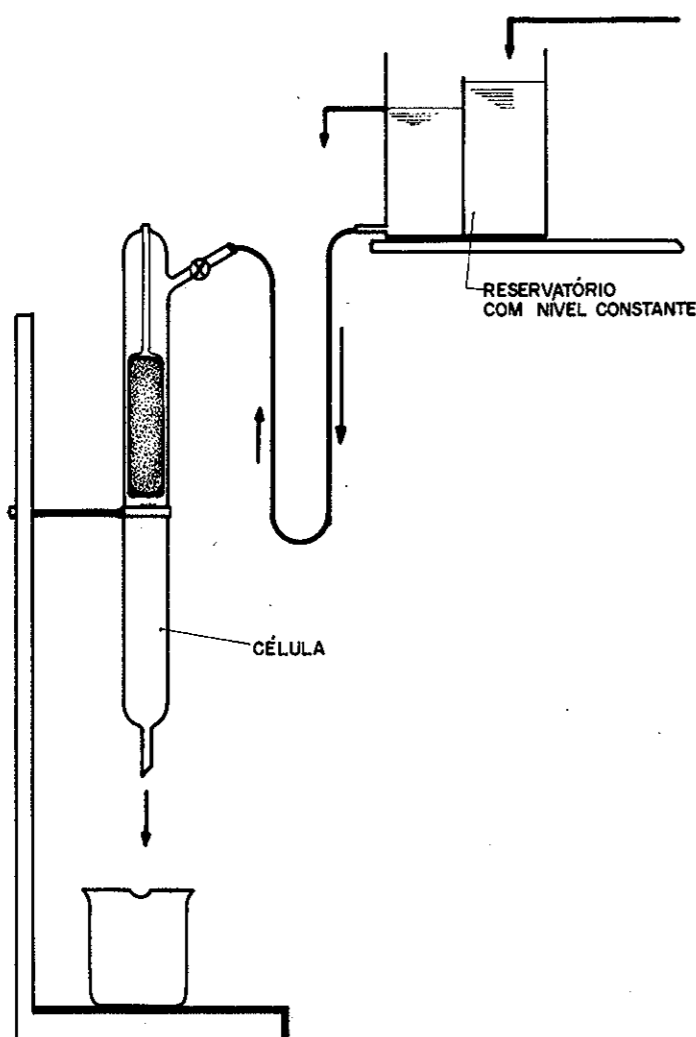


Fig. 2 — Esquema geral da aparelhagem.

A figura 2 mostra um esquema geral do equipamento.

Termodinamicamente a gota deverá se manter sempre saturada o que implica que a saída de uma massa  $\Delta m_i$  do componente orgânico implica na saída de uma massa  $\Delta m_a = r(\Delta m_i)$  de água de maneira que a densidade da solução,  $\rho$ , e a concentração do componente  $i$ ,  $\rho_i$ , sejam constantes no interior da gota, onde

$$r = \frac{\rho - \rho_i}{\rho_i} \quad (4)$$

Se  $L$  é o comprimento da gota num instante  $t$ , o volume da gota será  $V = AL$  neste instante, onde  $A$  é aproximadamente a área da seção reta da célula. Assim, se  $R$  é o raio da célula, temos:

$$\frac{dV}{dt} = \pi R^2 \frac{dL}{dt} \quad (5)$$

mas

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{m_i + m_a}{\rho} = \frac{m_i (1 + r)}{\rho} \quad (6)$$

e portanto

$$\frac{dV}{dt} = \frac{(1 + r)}{\rho} \frac{dm_i}{dt} \quad (7)$$

resultando da comparação entre as equações (7) e (5)

$$\frac{dm_i}{dt} = \frac{\rho \pi R^2}{(1 + r)} \frac{dL}{dt} \quad (8)$$

Se  $A_t$  é a área total de troca de massa, a densidade do fluxo médio será

$$\phi_i = - \frac{1}{A_t} \frac{dm_i}{dt} \quad (9)$$

onde o sinal negativo foi introduzido para tornar a densidade de fluxo um número positivo como considerado anteriormente.

Tendo-se em conta que a gota tem um comprimento muito maior que o seu raio podemos calcular como área total apenas a superfície lateral da gota. Assim

$$A_t = 2\pi RL \quad (10)$$

Combinando as equações (8), (9) e (10) sai

$$\phi_i = - \frac{\rho R}{2(1 + r)} \frac{d \ln L}{dt} \quad (11)$$

Usando a definição de  $K_i$ , equação (3), sai

$$K_{i\rho} = - \frac{\rho}{(\rho_{is} - \rho_{ir})} \frac{R}{2(1 + r)} \frac{d \ln L}{dt} \quad (12)$$

Em nosso caso, sistema binário a baixa pressão e baixa temperatura a equação (2) é simplesmente

$$\rho_{is} = \alpha \rho_i \quad (13)$$

onde  $\alpha$  é uma constante obtida por estudos de equilíbrio de fases.

E temos, finalmente

$$K_{i\rho} = - \frac{\rho R}{2(\alpha \rho_i - \rho_{ir}) (1 + r)} \frac{d \ln L}{dt} \quad (14)$$

Supondo  $K_{i\rho}$  constante e integrando à partir da condição inicial

$$t = 0 \rightarrow L = L_0$$

temos

$$-\ln\left(\frac{L}{L_0}\right) = \frac{K}{\frac{\rho R}{2(\alpha\rho_i - \rho_{ir})(1+r)}} \cdot t \quad (15)$$

A equação (15) mostra uma linearidade entre  $[-\ln(\frac{L}{L_0})]$  e o tempo. O coeficiente angular desta reta pode ser obtido do gráfico dos dados experimentais de L e t.

Obtido graficamente este coeficiente angular, que denotaremos  $\beta$ , obtêm-se  $K_{i\rho}$  pela relação

$$K_{i\rho} = \beta \left[ \frac{\rho R}{2(\alpha\rho_i - \rho_{ir})(1+r)} \right] \quad (16)$$

#### 4. OUTRAS CONSIDERAÇÕES

A literatura apresenta correlações para a predição de valores do coeficiente de transferência de massa. Estas correlações, para sistemas binários, com taxas moderadas de transferência, apresentam-se na forma:

$$Sh = f(Re, Sc \text{ e geometria}) \quad (17)$$

onde

- Sh : número de Sherwood
- Re : número de Reynolds
- Sc : número de Schmidt

O número de Sherwood é uma medida da importância relativa dos processos de transferência de massa. Basicamente se expressa pela razão entre a resistência ao transporte por convecção e a resistência ao transporte por difusão.

Usando as nossas definições de densidade de fluxo e concentrações sai

$$Sh = \frac{K_p L^*}{D_{AB}} \text{ (adimensional)} \quad (18)$$

onde

- $K_p$  : coeficiente de transferência de massa ( $LT^{-1}$ )
- $L^*$  : dimensão característica de comprimento (L)
- $D_{AB}$  : coeficiente de difusão ( $L^2T^{-1}$ )

O número de Reynolds é uma medida da importância relativa dos processos de transferência de quantidade de movimento. Basicamente se expressa pela razão entre a resistência ao transporte por ação de forças de inércia e a resistência ao transporte por ação de forças viscosas.

$$Re = \frac{\rho v^* L^*}{\mu} \text{ (adimensional)} \quad (19)$$

onde

- $\rho$  : densidade do fluido ( $ML^{-3}$ )
- $v^*$  : velocidade de referência do fluido ( $LT^{-1}$ )
- $\mu$  : viscosidade do fluido ( $ML^{-1}T^{-1}$ )

O número de Schmidt é uma medida da importância relativa entre o processo difusivo de transferência de quantidade de movimento e o processo difusivo de transferência de massa. Basicamente se expressa pela razão

$$Sc = \frac{\mu}{\rho D_{AB}} \text{ (adimensional)} \quad (20)$$

Assim a equação (16) se torna

$$Sh = f\left(\frac{\rho v^* L^*}{\mu}, \frac{\mu}{\rho D_{AB}}\right) \quad (21)$$

Vale ressaltar que embora a equação (21) esteja escrita em termos de adimensionais ela só pode ser aplicada a sistemas com geometrias similares àquela em que foi elaborada, à partir de dados experimentais.

#### 5. SUGESTÕES PARA AS ATIVIDADES DOS ALUNOS

Para um melhor aproveitamento do assunto sugerimos as seguintes etapas:

- a) distribuição dos alunos em equipes.
- b) escolha de uma fase orgânica para cada equipe (a outra fase será sempre água).
- c) cada aluno de uma equipe seleciona uma vazão e determina  $K_p$ .
- d) cada equipe repassa às outras seus resultados.
- e) cada equipe, de posse destes resultados, apresenta uma correlação (equação 20).

A título de exemplo apresentamos o resultado de uma experiência típica.

*Sistema água-metil isobutil cetona*

*Propriedades do sistema (Referência 2)*

- $\rho$  : 0,820 g cm<sup>-3</sup>
- $\rho_i$  : 0,780 g cm<sup>-3</sup> (saturação em água - fase orgânica)
- $g_i^*$  : 0,0207 g cm<sup>-3</sup> (saturação em água - fase aquosa)
- $D_{ia}$  : 0,77 · 10<sup>-5</sup> cm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup> (diluição infinita)

Destes dados temos

$$r = \frac{\rho - \rho_i}{\rho_i} = 0,051$$

$$\alpha = \frac{\rho_i^*}{\rho_i} = 0,027$$

VAZÃO = 2,04 cm <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>		
L (cm)	t (s)	$-\ln\left(\frac{L}{L_0}\right)$
6,6	0	0,000
6,5	60	0,015
6,4	120	0,031
6,3	180	0,047
6,2	240	0,063
6,1	300	0,079
6,0	360	0,095

TABELA 1 - Dados experimentais de L x t

Os dados experimentais estão mostrados na figura 3 e são inteiramente representativos da equação (15).

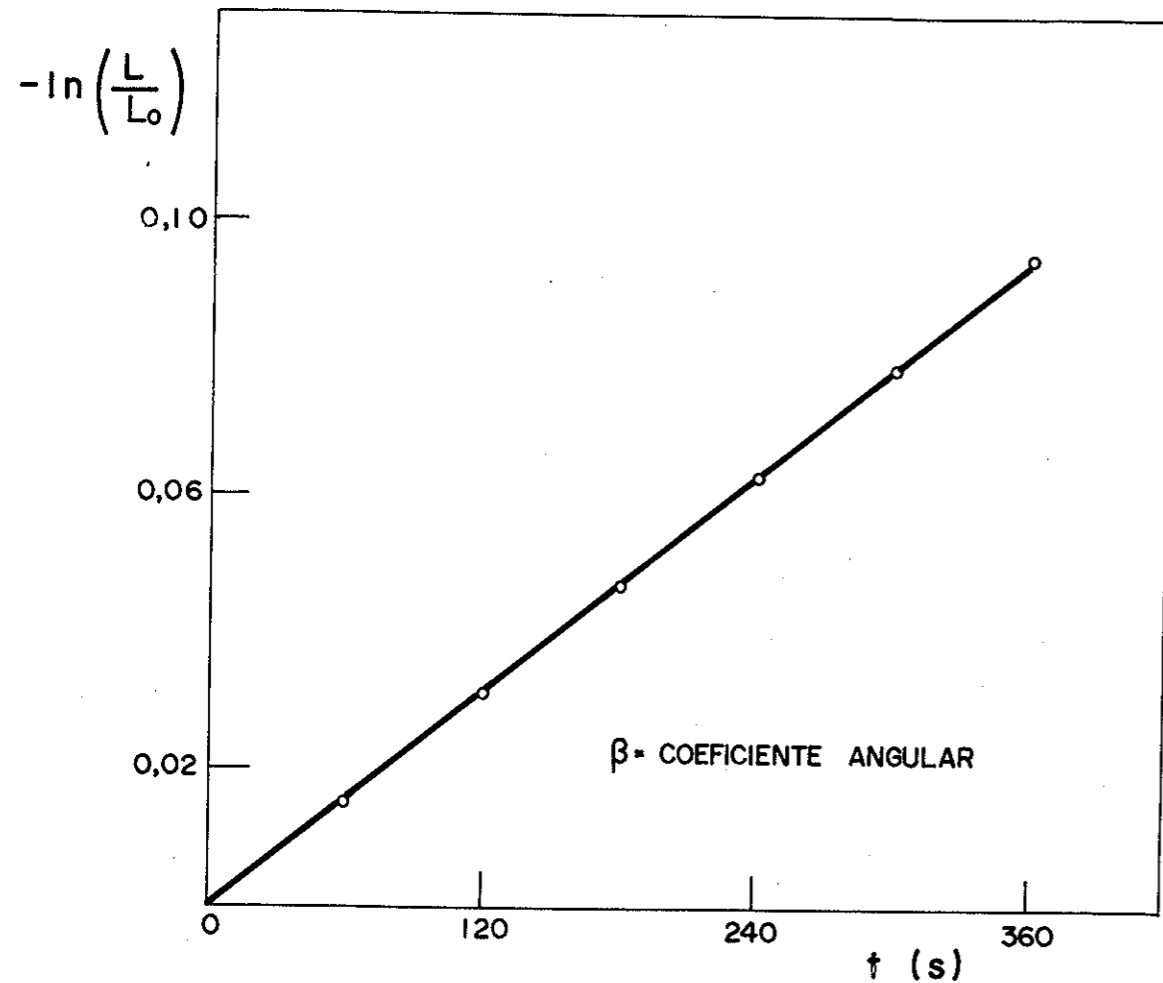


Fig. 3 - Obtenção gráfica de  $\beta$ .

Desta figura tiraremos

$$\beta = \frac{0 - 0,095}{0 - 360} = 2,639 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

e sai

$$K_{i\rho} = 2,639 \cdot 10^{-4} \left\{ \frac{(0,820)(0,70)}{2[(0,027)(0,780) - 0](1 + 0,051)} \right\}$$

de onde

$$K_{i\rho} = 3,48 \cdot 10^{-3} \text{ cm s}^{-1}$$

Nestes cálculos admitimos  $\rho_{ir} = 0$

Para o cálculo de  $L^*$  e  $v^*$ , respectivamente comprimento e velocidade característicos adotaremos

$$L^* = \frac{V}{A_t} = \frac{\text{volume da gota}}{\text{Área total de troca}}$$

$$v^* = \frac{Q}{A} = \frac{\text{vazão}}{\text{Área da seção da célula}}$$

e temos

$$L^* = \frac{\pi R^2 L}{2\pi R L} = \frac{R}{2} = \frac{0,70}{2} = 0,35 \text{ cm}$$

$$v^* = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{2,04}{1,539} = 1,33 \text{ cm s}^{-1}$$

e sai

$$Sh = \frac{K_{i\rho} L^*}{D_{ia}} = \frac{(3,48 \cdot 10^{-3})(0,35)}{0,77 \cdot 10^{-5}} = 158,1$$

$$Re = \frac{\rho v^* L^*}{\mu} = \frac{(0,820)(1,33)(0,35)}{10^{-2}} = 38,2$$

$$Sc = \frac{\mu}{\rho D_{ia}} = \frac{10^{-2}}{(0,820)(0,77 \cdot 10^{-5})} = 158,37$$

## 6. CONCLUSÃO

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

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - GUBULIN, J.C.; FREIRE, J.T. & TOBINAGA, S.. *Rev. Ensino Eng.*, 2: 35-42, 1982.
- [2] - BAIRD, M.H.I. & HO, M.K.. *The Canadian J. of Chem. Eng.*, 57: 467-475, 1979.

## COMUNICAÇÃO

### SELEÇÃO E POSSIBILIDADES DE USO DOS MEIOS AUXILIARES NA APRENDIZAGEM DA ENGENHARIA\*

Ruy Carlos de Camargo Vieira\*\*

VIEIRA, Ruy Carlos de Camargo. Seleção e possibilidades de uso dos meios auxiliares na aprendizagem da engenharia. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 131-139, 1ª sem. 1983.

Destaca, inicialmente, como principais objetivos do ensino de engenharia, a promoção da competência tecnológica, interpessoal e técnico-social. Em seguida, considera as peculiaridades dos vários grupamentos de matérias que compõem os currículos usuais de engenharia, e passa a tratar da seleção e da possibilidade de utilização de meios auxiliares de aprendizagem, visando atingir aqueles objetivos em cada grupamento de matérias curriculares. A inovação instrucional é abordada em conexão com o nível de competência desejado tanto sob o aspecto tecnológico como sob os aspectos interpessoal e técnico-social.

Aprendizagem. Meios auxiliares. Livro-texto. Laboratório. Estágio. Engenharia.

VIEIRA, Ruy Carlos de Camargo. Selection and use of auxiliary media in engineering education. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 131-139, 1ª sem. 1983.

As main objectives of engineering education are appointed the promotion of technological, interpersonal and techno-social competence. Peculiarities of characteristic subjects grouped as Basic Science, Humanities, Engineering Sciences and professional matters, which usually are integrated in engineering curricula, are then considered. Selection and use of auxiliary media are dealt with in connection with the main objectives of engineering education in each of those particular group of subjects. Instructional innovation is approached with views to the desired competence level, under the technological, interpersonal and techno-social aspects involved.

Education. Auxiliary media. Textbook. Laboratory. Training. Engineering.

## 1. INTRODUÇÃO

Elaborar um documento básico para um Seminário sobre novos métodos para o ensino de Engenharia não deixa de constituir uma difícil tarefa, dada não só a complexidade do tema e a diversidade dos aspectos envolvidos, como também a heterogeneidade resultante das diferentes condições regionais que influem no estabelecimento de parâmetros para o ensino de Engenharia. Mesmo restringindo-se o documento básico à "Seleção e possibilidade de uso dos meios auxiliares de aprendizagem" sem dúvida permanece a dificuldade da tarefa.

Dentro dos critérios expostos e discutidos na terceira reunião preparatória deste Seminário, procura-se neste documento básico limitar a abordagem ao confronto de métodos inovativos e tradicionais, no contexto dos conteúdos curriculares usuais.

Este documento exprime o ponto de vista de um engenheiro que se dedicou nos últimos dez anos ao estudo de problemas relativos ao ensino de Engenharia em seu país. Certamente seu tratamento do assunto deixava muito a desejar com relação às teorias e doutrinas vigentes da Pedagogia, da Psicologia, da Educação e da Didática. As idéias aqui expressas, entretanto, com toda a certeza poderão ser compartilhadas com a maior parte dos docentes de Engenharia, profissionais, como o autor, que por motivos diversos tenham passado a dedicar parte de suas atenções aos problemas da formação adequada de novos Engenheiros.

\* Trabalho previamente apresentado como "documento base" no "Seminário Latinoamericano sobre Novos Métodos para o Ensino de Engenharia", realizado em San Juan, Argentina, de 4 a 8 de outubro de 1982, sob o patrocínio da UNESCO e da Universidade Nacional de San Juan.

\*\* Depto. de Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. 13.560. São Carlos, SP, Brasil.



## 2. OBJETIVOS DO ENSINO DE ENGENHARIA

Conviria iniciar este documento destacando os principais objetivos a serem atingidos no ensino de Engenharia, para, em função deles, discutir os aspectos específicos do uso de meios auxiliares na aprendizagem. Para isso faz-se referência a recente artigo de Smith, K.A., Johnson, D.W., e Johnson, R.T., no qual se destacam como principais objetivos do ensino de Engenharia a promoção de competência tecnológica, interpessoal, e técnico-social, nos estudantes de Engenharia. (1)

Para tornar mais claro o que se deve entender como tais competências transcreve-se parte do trecho correspondente daquele artigo, em tradução mais ou menos livre:

*"A competência tecnológica exige a conservação e o domínio de fatos, princípios e teorias da Ciência e da Engenharia, bem como o desenvolvimento de espírito analítico; exige também o desenvolvimento de capacidade de síntese, de projeto, de modelagem e de solução de problemas; e finalmente, o desenvolvimento de destreza para a conversão de conhecimentos em ação.*

*A competência interpessoal exige o desenvolvimento dos pré-requisitos cognitivos, afetivos e comportamentais para o trabalho em equipe visando a consecução de tarefa específica. Dentre as habilidades necessárias situam-se comunicabilidade, capacidade de gerência de conflitos de forma construtiva, e espírito de equipe na solução de problemas, na tomada de decisões no posicionamento quanto às perspectivas dos casos em estudo.*

*A competência técnico-social exige a compreensão das complexas interdependências entre a tecnologia e a sociedade, da influência da tecnologia no comportamento individual e coletivo, e no ambiente natural".*

Certamente a promoção de cada uma dessas três competências, em grau maior ou menor, de conformidade com as características sócio-econômicas e culturais regionais, passará a constituir o objeto de ensino de Engenharia em cada País, e refletir-se-á no estabelecimento dos currículos escolares. Desta forma, para abordar-se mais diretamente o tema deste documento base, supor-se-á que o conteúdo curricular dos cursos de Engenharia esteja definido, e basicamente distribuído, com maior ou menor intensidade, entre matérias classificadas de conformidade com a relação seguinte:

- matérias de formação básica
- matérias de formação geral
- matérias de formação profissional geral
- matérias de formação profissional específica.

É esta, aliás, a distribuição que foi considerada no estabelecimento de novos currículos de Engenharia no Brasil, e divulgada no âmbito da UPADI em documentos apresentados nos Congressos do Rio de Janeiro e do México. (2)

Cada um dos conjuntos de matérias acima referidos apresenta suas peculiaridades quanto ao uso de meios auxiliares de aprendizagem, que merecem ser examinadas separadamente. Assim, ao invés de tentar esgotar qualquer possível classificação dos meios auxiliares de aprendizagem, o que aliás já tem sido objeto de outras publicações, no âmbito do ensino de Engenharia (3), passa-se a seguir a algumas considerações específicas de interesse quanto à seleção e às possibilidades de utilização desses meios.

## 3. SELEÇÃO E POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DE MEIOS AUXILIARES DE APRENDIZAGEM

### 3.1 Matérias de Formação Básica

Essas matérias incluem Ciências Básicas como Matemática, Física, Química e Ciências de Engenharia como Eletricidade, Resistência dos Materiais e Fenômenos de Transporte, além de Desenho e Processamento de Dados.

A primeira consideração a ser feita, que sem dúvida deve estender-se também a todas as matérias dos demais conjuntos, é a importância da existência de adequados livros-textos

abrindo todo o campo abrangido pelas matérias. Por incrível que pareça, a adoção de um bom livro-texto em muitas circunstâncias caracteriza um *novo* método para o ensino de Engenharia, correspondendo mesmo à utilização de excelente meio auxiliar de aprendizagem.

O arraigado hábito das notas de aula, ou apostilas, muito comum ainda em várias regiões, esteriliza a iniciativa do estudante quanto a pesquisa bibliográfica e à organização de sua própria biblioteca profissional, limitando a uma visão muitas vezes incompleta ou parcial do assunto, além de manter um quadro de imobilismo desincentivador para o próprio progresso do professor na organização de seu curso, e para a escola na atenção necessária à atualização de sua biblioteca. A superação desta limitação, com um programa de edição de livros-textos adequados às características da competência tecnológica que se deseja imprimir como objetivo do ensino de Engenharia constituiria em muitos casos, o primeiro passo a ser dado no sentido de prover adequados meios auxiliares de aprendizagem. Haja vista o sucesso indubitável de publicações destinadas ao nível do segundo grau patrocinadas pela "National Science Foundation", da série de estudos curriculares, sobre Biologia e Física cuja repercussão transcendeu os limites dos próprios Estados Unidos da América do Norte.

*A experiência brasileira nesse sentido não deixa de ser interessante.*

*Uma vez efetuada a reformulação curricular dos cursos de Engenharia em 1976, passou-se a um levantamento da bibliografia indicada pelas várias instituições de ensino para a cobertura de cada matéria estabelecida pelo novo currículo mínimo. Publicou-se então um fascículo inicial de uma série intitulada "Curso de Engenharia — Bibliografia", que foi distribuído a todas as escolas de Engenharia e grande número de docentes, com a solicitação de sugestões adicionais para completar a bibliografia básica de cada matéria. Em seguida foi publicado um segundo fascículo da série, incorporando as sugestões recebidas, e passando a constituir uma fonte de referência de grande utilidade para os docentes das várias matérias. Ao mesmo tempo puderam ser identificados os claros relativos à inexistência de livros-textos que cobrissem as peculiaridades regionais características de certas matérias, podendo-se assim passar a um programa de incentivo ao autor brasileiro visando o preenchimento adequado daqueles claros.*

*Hoje em dia já é bastante significativa a produção bibliográfica de autores nacionais, com obras de real interesse para o nível de competência tecnológica possível de ser atingido no País.*

As matérias de formação básica exigem, pela sua natureza, atividades práticas de laboratório, merecem também consideração especial, juntamente com matérias análogas das demais categorias. De fato, passa-se neste caso ao problema da construção e da utilização de equipamento didático, que constitui campo fértil e praticamente inesgotável para a utilização de novos métodos no ensino da Engenharia.

Freqüentemente a tendência usual é a aquisição pura e simples de "pacotes" que incluem o equipamento e as instruções para a sua utilização, independentemente das peculiaridades que cerquem o objetivo específico que se visa com a realização das atividades práticas.

Sem dúvida, a seleção do equipamento mais adequado deve fazer parte de um esquema mais abrangente que analise não só as possibilidades já existentes, como também a exequibilidade de desenvolvimento e aprimoramento de equipamento próprio adaptado às condições regionais e à definição de competência tecnológica adotada para o curso em questão. A utilização dos equipamentos, deve levar em conta, ainda, a possibilidade de demonstrações em classe, bem como a realização de experiências individualmente.

*Novamente aqui a experiência brasileira pode ser de interesse.*

*A partir de 1976, com o estabelecimento do novo currículo mínimo para o curso de Engenharia, passaram a ser exigidas como obrigatórias atividades práticas em determinadas matérias. Em consequência, foram procedidos acurados estudos para se tentar definir a profundidade e a extensão adequadas para tais matérias, e ao mesmo tempo definir em linhas gerais os tipos de equipamentos necessários. Tais definições, bem como o envolvimento de vários docentes com as preocupações decorrentes daqueles estudos, propiciaram uma série de iniciativas no sentido de desenvolver equipamentos adequados ao nível de competência tecnológica visado. Não só instituições de ensino como também empresas especialmente criadas para isso passaram a produzir uma am-*

pla gama de equipamentos, promovendo também salutar intercâmbio com docentes das escolas de Engenharia para o desenvolvimento de "software" adequado às necessidades e peculiaridades regionais.

Por outro lado, tem-se mostrado de grande utilidade a organização de conjuntos de diapositivos ilustrando os procedimentos a serem seguidos nos laboratórios, o que constitui um simples mas excelente meio auxiliar para o maior rendimento de aprendizagem (4). De maneira pouco mais elaborada, destaca-se também, nos contextos onde for exequível, a organização de filmes ou video-tapes com a mesma finalidade.

De qualquer modo, o ideal é sempre o envolvimento direto do docente, se possível, na construção do equipamento, e indispensavelmente no desenvolvimento do "software" adequado aos objetivos visados pelo curso.

Ainda nas matérias de formação básica destaca-se Processamento de Dados, que deve ser encarada de maneira bastante realista, em função da competência tecnológica que se busca em cada caso. A seleção de computadores a serem utilizados no curso de Engenharia, não só na formação básica, como também nas aplicações, deve levar em conta os aspectos favoráveis e desfavoráveis dos equipamentos de grande porte e das mini-calculadoras programáveis.

Ao ser introduzida no currículo mínimo de Engenharia em 1976 a matéria Processamento de Dados, deparou-se imediatamente com o problema da heterogeneidade regional existente no Brasil, quanto à melhor adequação dos equipamentos de computação para o ensino de Engenharia.

Transcreve-se a seguir a recomendação que então foi feita por um grupo de especialistas que estudou o problema para o Ministério da Educação e Cultura, e que bem ilustra a possibilidade de adaptação da seleção e utilização dos meios auxiliares de aprendizagem às condições regionais e locais.

"São sugeridas três alternativas para a implementação do ensino da matéria, que vão desde a apresentação estanque dos tópicos de processamento de dados numa disciplina, até um conjunto de disciplinas que visa a integração completa da matéria do currículo pleno do curso de Engenharia.

#### 1 – Alternativa básica

Nesta alternativa sugere-se a apresentação da matéria através de uma única disciplina, abordando:

- Noções básicas sobre sistemas de computação.
- Formulação de algoritmos e sua representação.
- Noções sobre linguagem de programação e programas.
- Implementação prática de algoritmos em uma linguagem de programação.
- Descrição de algumas aplicações típicas: simulação, otimização e outros métodos computacionais de Engenharia.

Esta disciplina deve ser ministrada em 45 a 60 horas de aulas de preleção, durante um semestre, e deve ser acompanhada de exercícios práticos. Embora desejáveis, não são necessários computadores ou sistemas de computação. Devem ser utilizadas máquinas de calcular, programáveis ou não.

#### 2 – Alternativa intermediária

Nesta alternativa sugere-se a apresentação da matéria através de um mínimo de três disciplinas. As duas primeiras tratam dos aspectos básicos da computação, e a terceira concentra aplicações importantes da computação à Engenharia.

As duas primeiras disciplinas devem abordar:

- Noções básicas sobre sistemas de computadores: unidades funcionais, conceito de programa armazenado e de linguagem de máquina.
- Formulação de algoritmos e possíveis representações: linguagens naturais, fluxograma, linguagens algorítmicas.
- Noções básicas sobre montadores, compiladores e sistemas operacionais, utilização elementar de sistema operacional.

- Descrição pormenorizada de uma linguagem de alto nível e sua utilização na implementação de algoritmos.
- Documentação de programas.
- Técnicas básicas de programação: ordenação, busca em tabelas, manipulação de arquivos, estruturas elementares de dados e outras.
- Utilização de programas de aplicação disponíveis.
- Descrição de algumas aplicações típicas.

Esse conteúdo deve ser ministrado em duas disciplinas semestrais consecutivas, 45 a 60 horas de preleção por disciplina, e deve ser acompanhado de exercícios práticos. Para estas disciplinas é indispensável o acesso a um sistema de computação. Para alguns exercícios devem ser utilizadas máquinas de calcular, programáveis ou não.

Nesta alternativa as aplicações serão ministradas através de uma ou mais disciplinas especializadas em ensinar métodos computacionais para Engenharia, contendo tópicos tais como, entre outros, simulação e otimização.

#### 3 – Integração da matéria Processamento de Dados no currículo de Engenharia

Esta alternativa compreende as mesmas duas disciplinas de computação descritas em 2, e requer a apresentação e as aplicações dos métodos usados em Engenharia, tais como, entre outros, simulação e otimização, sejam integradas às disciplinas em que forem ministradas nas matérias de formação profissional geral ou específica.

De qualquer maneira, uma das grandes realidades observadas na evolução do ensino de Engenharia é o impacto causado pelo computador, e qualquer que seja o estágio de competência tecnológica desejável, não pode ser ignorada hoje em dia a utilização adequada de métodos computacionais tanto nas matérias básicas quanto nas de formação profissional do Engenheiro.

A seleção dos equipamentos e a utilização dos métodos devem visar o desenvolvimento da capacidade de modelagem e solução de problemas, e de destreza para a conversão de conhecimentos em ação.

#### 3.2 Matérias de formação geral

Essas matérias incluem pelo menos Ciências Humanas e Sociais, Ciências do Ambiente e Ciências Econômicas e Administração, e visam ao desenvolvimento da competência técnico-social do futuro Engenheiro.

Pela sua natureza prestam-se essas matérias por excelência à realização de seminários e estudos de casos, com a participação de especialistas convidados.

Dentro de cada contexto sócio-econômico e cultural poderão ser selecionados tópicos especiais a serem abordados sob a forma de conferências, debates, e seminários ou estudos de casos. Novamente a utilização de livros-textos ou de livros de referência e periódicos assume capital importância como um "novo" método de ensino. Sem dúvida, de forma mais elaborada, cabe muito bem aqui a utilização de filmes, de video-tapes e de outros recursos áudio-visuais.

A superação de limitações eventualmente existentes poderia ser conseguida, em muitos casos, com o estabelecimento de "fílmotecas cooperativas" contendo documentação áudio-visual adequada às características da competência técnico-social que se deseja imprimir como objetivo do ensino de Engenharia em cada caso.

No Brasil, a Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE), entidade que congrega cerca de cento e vinte instituições de ensino de Engenharia, está propondo a criação de uma fílmoteca cooperativa que compreenda toda a documentação áudio-visual possível de ser conseguida, para a cobertura de todas as matérias do currículo de Engenharia. Essa documentação deve abranger não só a produção de instituições como a National Science Foundation, diversas universidades, a Enciclopédia Britânica e outras empresas dedicadas à produção de filmes e áudio-visuais de caráter didático,

*mas também de empresas nacionais consultoras e empreiteiras de obras de Engenharia, que dispõem de importante acervo técnico-cultural, de grande valor para se constituir em excelente meio auxiliar de aprendizagem no âmbito dos cursos de Engenharia.*

*A idéia de filмотeca cooperativa implica a participação de cada escola de Engenharia com a cessão de certo número de filmes que ficarão à disposição das demais, mediante uma coordenação central efetuada pela ABENGE. Consegue-se desta maneira um considerável acervo com custo bastante reduzido.*

### 3.3 Matérias de formação profissional

Essas matérias incluem uma parte geral, característica de cada habilitação profissional do curso de Engenharia como um todo, e uma parte específica correspondendo em certo grau a uma parcela de especialização em setor mais estreito de cada grande área.

Pode-se dizer que nestas matérias é que surgem os aspectos mais peculiares que distinguem o ensino de Engenharia dos demais cursos.

Além das atividades práticas de laboratório, já consideradas no contexto das matérias correspondentes às Ciências da Engenharia, no âmbito das matérias de formação básica, surgem outras atividades, como o projeto e o planejamento, que são características da formação profissional do Engenheiro. Estas últimas atividades têm a ver especificamente com o desenvolvimento da competência interpessoal que se pretende como um dos objetivos do ensino de Engenharia.

O projeto ou o planejamento são atividades a serem desenvolvidas por excelência em equipe, e constituem-se em outro campo fértil aberto a inovação, no âmbito do ensino de Engenharia.

Embora certos tipos de projetos possam ser desenvolvidos individualmente, às mais das vezes é muito apropriado o desenvolvimento dos projetos de Engenharia em equipe, sob supervisão de um docente responsável. Para que a atividade de projeto possa apresentar características mais realistas, em certos contextos culturais e sócio-econômicos é exequível a instalação de "escritório-piloto" junto às escolas de Engenharia, para a realização de projetos específicos encomendados pela comunidade onde se insere a escola. Em certos casos tais escritórios podem estender-se facilmente transformando-se em fundações ou institutos anexos, núcleos de prestação de serviços, ou unidades de produção, com vantagens evidentes para o ensino das matérias de formação profissional.

*Numerosos exemplos brasileiros poderiam ser aduzidos para ilustrar o sucesso de iniciativa desse tipo. Fundações para desenvolver atividades específicas de ensino, pesquisa e prestação de serviços foram estabelecidas junto a universidades de grande porte como a Universidade de São Paulo (Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia), a universidades de médio porte como a Universidade Federal de Minas Gerais (Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa), e a universidades de pequeno porte como a Universidade Federal da Paraíba (Associação Técnico-Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior) bem como junto a escolas de Engenharia isoladas, como a Escola de Engenharia Mauá, em São Paulo (Centro Mauá de Ensaios e Pesquisas Tecnológicas), a Faculdade de Engenharia Industrial de São Bernardo do Campo (Instituto de Pesquisas e Estudos Industriais) e a Escola de Engenharia de Lins (Centro Tecnológico de Lins) apenas para citar alguns exemplos.*

Em outros contextos culturais e sócio-econômicos a instalação de tais entidades pode ser julgada como uma concorrência indevida com escritórios e firmas de Engenharia, podendo-se, entretanto, ter "cursos cooperativos" nos quais pelo menos um semestre letivo tenha suas atividades programadas visando ao estágio dos alunos nas firmas e escritórios de Engenharia.

*Os cursos cooperativos surgiram no Brasil com um projeto especial do Ministério da Educação e Cultura, em 1972, envolvendo três universidades federais que até hoje mantêm essa iniciativa com grande êxito.*

*A partir do novo currículo mínimo do curso de Engenharia, foram estabelecidos no País vários cursos de Engenharia Industrial, envolvendo hoje doze instituições distintas localizadas nas regiões mais densamente industrializadas. Todos esses cursos de*

*Engenharia Industrial passaram a exigir obrigatoriamente um estágio curricular de seis meses na indústria, sob a forma de curso cooperativo. A integração proporcionada por esses cursos entre seus alunos e a indústria tem sido excelente, e tem produzido subsídios de valor também para outras escolas para a implantação do estágio supervisionado.*

Não se pode esquecer como "novo" método para o ensino de Engenharia, no âmbito das matérias de formação profissional, e visando ao desenvolvimento tanto da competência tecnológica como da interpessoal e da técnico-social, a realização de visitas a obras de Engenharia e a indústrias, com programação prévia. Nessa programação pode ser incluída a exibição de filmes, video-tapes ou diapositivos ilustrativos, destacando os objetivos básicos da visita e relacionando-os devidamente com as matérias do currículo escolar.

Um aspecto de grande importância destaca-se ainda no desenvolvimento das três competências mencionadas, em parte já considerado ao se destacar a possibilidade de "curso cooperativo". É o aspecto referente ao estágio profissional. Destina-se o estágio a desenvolver qualidades profissionais específicas no estudante de Engenharia, cobrindo particularmente as competências interpessoais e técnico-sociais já abordadas.

Como um aspecto particular do estágio supervisionado, exigido como conteúdo curricular em alguns países, pode-se destacar a iniciativa de sociedades profissionais, como Clubes de Engenharia, que incentivam a participação de estudantes em capítulos especiais (5), e entidades de qualquer maneira ligadas ao exercício da profissão, como Conselhos de fiscalização das atividades profissionais, que patrocinam séries de atividades de introdução à vivência profissional.

*No Brasil o exercício profissional é regulamentado e fiscalizado pelo Conselho Federal de Engenharia e pelos Conselhos Regionais (Estaduais) de Engenharia. Já há dois anos vem o Conselho Regional do Estado de São Paulo patrocinando a realização de uma série de atividades de introdução à vivência profissional, como uma útil e importante ponte entre a Escola e a vida prática.*

*No fim de cada ano letivo aquele Conselho Regional tem organizado para os engenheiros recém-formados uma série de palestras sobre legislação profissional e outros temas econômicos e administrativos de interesse específico para o profissional iniciante, juntamente com um estágio de cerca de meio mês em empresas públicas, de economia mista e também privadas. Esse estágio de curta duração, tem características extremamente práticas, e permite o rápido desenvolvimento daquelas capacitações interpessoais e sobretudo técnico-sociais já mencionadas no início deste documento.*

*Esta experiência está em fase de observação e poderá dentro em breve ser ampliada devidamente para ser implantada em escala nacional com o apoio também do Ministério da Educação e Cultura.*

Todas essas atividades, basicamente extra-muros, desempenham um papel extremamente importante na formação profissional do Engenheiro, transcendendo as possibilidades didáticas e pedagógicas das instituições de ensino.

Conforme destacado em recente publicação da UNESCO (6), inovação no ensino de Engenharia é um conceito relativo, que depende das tradições, filosofias e culturas nacionais. Em particular, a seleção e a possibilidade de utilização de meios auxiliares tais como escritório-piloto, institutos ou núcleos de prestação de serviços ou unidades de produção, cursos cooperativos, visitas, estágios, atividades de introdução e vivência profissional, é algo que deve adaptar-se às condições e peculiaridades locais. Em um documento básico como este, antes de preconizar a adoção generalizada de um ou outro novo meio auxiliar da aprendizagem, convém perguntar se, em cada caso, já se estão utilizando eficazmente os meios mais tradicionais existentes!

### 4. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Em recente artigo Gilbert L. Rainey aborda a verdadeira "ação catequética" procedida por zelosos missionários disseminadores de nova fé pedagógica centrada na inovação instrucional (7). Trata ele em geral do desenvolvimento de equipamentos de custo relativamente baixo,

tais como gravadores de som magnético, projetores de diapositivos sincronizados com fitas magnéticas, filmadores e projetores cinematográficos, vídeo-tapes e computadores, como suplementação ou alternativa para as aulas expositivas, e em particular dos métodos de instrução individualizada surgidos a partir de 1960, desenvolvidos por F.S. Keller e S.N. Postlethwaite. Destaca Rainey, em seu artigo, dificuldades inerentes à aplicação de tais métodos, que devem estar sempre bem presentes na mente dos docentes que desejam a qualquer custo implantar inovações no ensino.

De fato, a utilização adequada de meios auxiliares da aprendizagem exige em primeiro lugar o preparo necessário do docente. Usualmente os docentes de Engenharia desconhecem novas tecnologias educacionais, podendo-se mesmo dizer que, como profissionais, não demonstram às mais das vezes sequer curiosidade com relação a novos métodos pedagógicos.

Por outro lado, a utilização de inovações instrucionais deve respeitar as peculiaridades individuais dos alunos, muitas vezes enfrentando tradições arraigadas, difíceis de serem superadas. Em discussões pessoais mantidas em diversas ocasiões o autor pôde constatar que, de maneira geral, o estudante de Engenharia brasileiro prefere um docente que nada entenda de didática, pedagogia ou inovações instrucionais, e que utilize até mesmo bastante mal os recursos tradicionais de giz e quadro-negro, mas que seja um profissional de reconhecida competência em sua área. É usual criar-se um certo carisma em torno de docentes comprovadamente competentes como profissionais em suas respectivas áreas, o que indubitavelmente compensa psicologicamente todos os eventuais reparos que lhe pudessem ser feitos como maus didatas. Pelo contrário, o docente que eventualmente domine magistralmente todos os recursos pedagógicos, didáticos e instrucionais, mas que não seja reconhecido como profissional competente em sua área, sempre terá dificuldades no seu relacionamento com os alunos, no decorrer do complexo processo de ensino-aprendizagem.

Outro aspecto importante de ser considerado na seleção e utilização dos meios auxiliares de aprendizagem é a sua compatibilidade com o contexto sócio-econômico e cultural em que vão ser empregados. Devem ser levados em conta não só os aspectos relacionados com o custo absoluto ou relativo da inovação pretendida, como também a sua possibilidade de aceitação e utilização plena por docentes e alunos.

Especialmente em regiões mais pobres e menos desenvolvidas economicamente pode haver um processo natural de rejeição, por parte dos alunos, e mesmo dos docentes, quanto à utilização de meios auxiliares de aprendizagem mais sofisticados, que teriam sem dúvida plena aceitação em outro contexto sócio-econômico.

Considerando-se por exemplo a lista de métodos instrucionais apresentada por R.J. Schmitz (3) parecem plenamente executáveis para a realidade latino-americana os compreendidos na primeira, na quarta e na quinta áreas, podendo talvez os da segunda área, sob certas condições, ser experimentados em algumas regiões com relativo sucesso, enquanto que os da terceira área quase que certamente não seria bem sucedidos, de maneira geral.

*Para maior facilidade de apreciação transcrevem-se a seguir as quatro áreas gerais consideradas por R.J. Schmitz em seu artigo, que foram por ele apresentadas também sem a pretensão de esgotar o assunto:*

*1ª área — Exposição com várias modificações, tais como exposição-discussão, aula expositiva para grande número de alunos e classes pequenas para discussão, exposição seguida de sessões de exercício, etc.*

*2ª área — Tipos de métodos de estudo individual, alguns com modificações relativas a métodos mais tradicionais, tais como instrução programada, instrução auto-regulada, sistema de instrução personalizada, estudo autodidático, curso por correspondência, utilização de pacotes instrucionais comerciais, etc.*

*3ª área — Métodos envolvendo meios de comunicação e tecnologia, tais como sistemas de tutoramento audiovisual, instrução com auxílio de computador e com o controle de computador, uso de meios auxiliares gerados por computador, televisão ao vivo ou vídeo-tapes, etc.*

*4ª área — Métodos envolvendo laboratório, projeto, ou vários tipos de experimentos, tais como integração entre teoria e laboratório, métodos de estudo de casos, projeto dirigido, instrução centrada no projeto, aprendizado por experiência, jogos de simulação, estágios na indústria ou órgãos governamentais, etc.*

#### *5ª área — Vários métodos envolvendo ensino em equipe, tutoramento, etc.*

Deve-se destacar, finalmente, que por melhores que possam ser considerados os novos meios auxiliares que se desejem introduzir, sua utilização pouco ou nada representará se for feita de forma aleatória, sem a consideração simultânea dos demais parâmetros que tanto influem no sucesso de um curso de Engenharia, como por exemplo sua estrutura curricular adequada aos níveis de competência que se desejam atingir, o devido preparo dos docentes e a motivação dos alunos.

O aprimoramento da qualidade de ensino é um problema que tem de ser abordado de forma sistêmica, pela sua própria natureza.

## 5. CONCLUSÃO

Pretendeu-se neste documento básico destacar alguns aspectos julgados de importância na seleção e utilização de meios auxiliares da aprendizagem no âmbito dos cursos de Engenharia. Evitou-se propositalmente dar ênfase a tecnologia educacional sofisticada tendo em vista especialmente a realidade latino-americana. Ressaltou-se a importância da utilização de meios auxiliares tradicionais, que muitas vezes revestem-se de caráter de inovação em certos contextos, e que, devidamente explorados, constituem-se em instrumentos eficazes para o aprimoramento da qualidade do ensino.

Consideraram-se neste documento as peculiaridades dos vários grupamentos de matérias que compõem os currículos usuais de Engenharia, em sua relação com a possível seleção e utilização dos meios auxiliares de aprendizagem, e procurou-se abordar a inovação instrucional em conexão com o nível de competência desejado tanto sob o aspecto tecnológico como sob os aspectos interpessoal e técnico-social.

A discussão dos pontos aqui destacados poderá constituir valioso subsídio para a orientação do sentido mais adequado em que deverá a inovação instrucional desenvolver-se no ensino de Engenharia no contexto latino-americano.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] — SMITH, K.A., JOHNSON, D.W., JOHNSON, R.T. — Structuring learning goals to meet the goals of Engineering Education. *Engineering Education*, Dezembro, 1981.
- [2] — VIEIRA, R.C.C. — A nova concepção do ensino de Engenharia no Brasil. XIV Congresso da UPADI. Rio de Janeiro, 1976.  
VIEIRA, R.C.C. — *O espectro atual do ensino de Engenharia no Brasil*. XVI Congresso da UPADI. México, 1980.
- [3] — SCHMITZ, R.J. *Methods of instruction*. Proceedings da Conferência Anual de 1980 da ASEE.
- [4] — WIECHEL, J., KINZEL, G., CHARLES, J. — Laboratory slide presentations: a means of saving faculty time. *Engineering Education*, Fevereiro, 1981.
- [5] — ALBRIGHT, R.J., ALBRIGHT, L.G. — Developing professional qualities in engineering students. *Engineering Education*, Abril, 1981.
- [6] — UNESCO — Informe final — *Reunião de Grupo de Trabalho Internacional sobre métodos inovadores na formação de engenheiros e técnicos*. Paris, 25 de abril de 1978.
- [7] — RAYNEY, G.L. — How to survive instructional innovation. *Engineering Education*, Dezembro, 1981.

## COMUNICAÇÃO

### PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO -- ENSINO DE PROCESSOS INORGÂNICOS DA ESCOLA DE QUÍMICA DA UFRJ

Abraham Zakon\*  
Jo Dweck\*  
Norma Dora Mandarin\*  
Bernardo J.G. Mascarenhas\*

ZAKON, Abraham e outros. Pesquisa e desenvolvimento tecnológico — Ensino de Processos Inorgânicos da Escola de Química da UFRJ. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 141-145, 1º sem. 1983.

A necessidade de formar engenheiros químicos com uma sólida base científica e mentalizados para a pesquisa e o desenvolvimento de Processos Inorgânicos gerou uma nova orientação didática no DPI a partir de 1982. São apresentados os principais critérios para atividades práticas de visitas, projetos e laboratórios, a descrição dos mesmos, alguns temas técnicos pesquisados e desenvolvidos pelos grupos de alunos, que ampliaram o relacionamento acadêmico "docente-aluno". Verificou-se que o nível de interesse dos alunos aumentou devido as possibilidades oferecidas de "descobrir" e "criar" alternativas para problemas de Tecnologia Inorgânica.

Inovações didáticas. Processos inorgânicos. Pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Ensino integrado.

ZAKON, Abraham and other. Research and technological development — the teaching of Inorganic Process in the School of Chemistry of UFRJ. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 141-145, 1º sem. 1983.

The need to prepare Chemical Engineers with a solid scientific basis and properly mentalized toward Research & Development in Inorganic Process has generated a new teaching orientation in the Department of Inorganic Process since the beginning of 1982. The main criteria for practical activities such as technical visits, design of chemical plants and laboratory work, their descriptions and some technical themes worked out by groups of students are presented. This new approach has disclosed the possibility to enlarge the academic link "teacher-student". It was observed that the level of student's motivation has increased due to the possibilities offered through "finding" and "creating" alternatives to solve problems in Inorganic Technology.

Teaching innovation. Inorganic process. Research and development. Integrated teaching.

## 1. INTRODUÇÃO

No decorrer do ano de 1980 a Diretoria da Escola de Química da UFRJ-Universidade Federal do Rio de Janeiro achou por bem encetar um plano de reformulação do ensino de Engenharia Química no seu ciclo profissional. Esse plano passou a integrar o programa da atual Diretoria, empossada em janeiro de 1982. Essa reformulação decorria da constatação que a realidade brasileira no setor da Química voltava-se para a necessidade de se ter um profissional com uma sólida base científica e melhor orientado para a área de Processos Químico-Industriais, ou Tecnologia Química, em contraposição à orientação prevalecente até então, qual seja, dirigida para as Operações Unitárias da Indústria Química.

Essa necessidade de reformulação e reorientação nascia, assim, na Escola de Química, para o que se contou com a efetiva atuação da sua Associação dos Ex-Alunos, bem como da atuante participação do próprio Diretório Acadêmico.

Outro fator que contribuiu para promover essa reorientação foi a "diagnose setorial", constante do documento elaborado pelo CNPq, em 1981, e denominado PRONAQ — Programa

\* Depto. de Processos Inorgânicos da Escola de Química — Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Nacional de Apoio à Química (1), assunto este também abordado no I Seminário Brasileiro da Indústria Química, realizado em outubro de 1981 no Rio de Janeiro (2).

É oportuno observar que no corpo do documento do PRONAQ, está bastante evidenciado o "esquecimento" a que tem sido relegadas no País a Química Inorgânica e os Processos Inorgânicos. As razões desse "esquecimento" apresentam-se, hoje, óbvias e claras, mesmo sabendo-se das riquezas minerais que o Brasil possui. Isto explica, de certa forma, a prioridade dada pela Escola de Química aos Processos Inorgânicos.

Como primeira etapa desse plano remanejou-se, em 1981, uma equipe de professores de um outro departamento para o Departamento de Processos Inorgânicos (DPI) da Escola.

Após um ano de trabalho essa equipe de professores já conseguiu implantar uma feição nova e inovadora no ensinamento, a nível de graduação, dos Processos Inorgânicos. A ação desses docentes teve, como principal objetivo, dar início a um programa mais amplo para propiciar a graduação de profissionais *formados e mentalizados* para a pesquisa e o desenvolvimento de Processos Inorgânicos, além da sua melhor preparação para a Indústria Química Inorgânica.

O presente trabalho destina-se a divulgar essa experiência que não termina aqui, pois, terá prosseguimento com vistas ao seu continuado aprimoramento.

## 2. A NOVA ORIENTAÇÃO DIDÁTICA DO DPI

As inovações introduzidas, já em 1982, visaram observar numa primeira etapa o comportamento de estudantes habituados ao estudo fragmentado das operações unitárias, que originou o modelo de ensino adotado nas duas últimas décadas nos cursos brasileiros de engenharia química. A união de professores experientes no ensino da elaboração de projetos de equipamentos industriais para unidades de processos químicos a um corpo de docentes com bastante vivência em laboratórios de tecnologias químicas viabilizou a concretização dos objetivos planejados.

A implementação desta nova orientação didática iniciou-se, de modo gradativo, na disciplina "Processos Unitários Inorgânicos", cujo programa passou a ser introdutório para as demais disciplinas do DPI, com os seguintes critérios:

1º — foram abolidas as provas individuais, tipo papel e lápis;

2º — decidiu-se oferecer três opções de atividades práticas, que exigissem dos alunos relatórios técnicos, onde necessariamente fossem coletadas informações e dados científicos e tecnológicos em bibliotecas e centros de pesquisas e desenvolvimento, e de forma que os resultados fossem apresentados com exposição oral e recursos audiovisuais, seguidos de arguições em grupo ou individuais;

3º — as opções de atividades práticas foram: visitas técnicas, laboratório e projetos;

4º — foram apresentadas algumas alternativas de horários e de formação de grupos para observar-se a demanda;

5º — decidiu-se convidar especialistas para proporcionar aos alunos um contato mais intenso e próximo com os problemas de transferência, aquisição, absorção e geração de tecnologia e a propriedade industrial;

6º — decidiu-se eliminar o método clássico de ensino no quadro negro e adotar-se o uso de transparências para aumentar a densidade de informações transmitidas por aula e oferecer uma visão de conjunto de cada processo, sem interromper explicações ou a seqüência didática;

7º — decidiu-se enfatizar a importância do trabalho em laboratório, pois é fato notório que a *engenharia química começa num laboratório de pesquisas e termina no de controle de qualidade*;

8º — decidiu-se elaborar normas específicas para as atividades de visitas técnicas, laboratório e projetos, nas quais as presenças seriam obrigatórias, envolvendo a distribuição de "Instruções para a Elaboração de Textos Técnicos", prazos, cronogramas e critérios de atribuição de notas, com o objetivo de aproximar, na medida do possível, o aluno das atividades profissionais;

9º — decidiu-se elaborar uma lista de temas para as opções "laboratório" e "projeto" e sorteá-los entre os grupos de alunos;

10º — decidiu-se limitar os grupos de alunos para as atividades práticas, em 3 a 4 alunos para laboratório, e 4 a 6 para visitas e projetos.

## 3. AS ATIVIDADES DE VISITAS TÉCNICAS, LABORATÓRIO E PROJETOS

As "visitas técnicas" incluem um centro de pesquisas e desenvolvimento e algumas indústrias de processos inorgânicos. A visita ao laboratório tecnológico tem como objetivo conhecer a entidade geradora de tecnologias, visualizando fisicamente suas instalações e aparelhagens. As visitas às indústrias destinam-se a conhecer as entidades utilizadoras das tecnologias, visualizando fisicamente suas instalações, equipamentos, instrumentos e aparelhagens, proporcionando, assim, um contato mais íntimo com a realidade dos fatos.

Solicita-se aos grupos de alunos a apresentação, para cada visita, de um relatório sucinto, registrando-a, descrevendo-a, comentando a importância da entidade visitada, sua estrutura e as instalações vistas. Solicita-se também a apresentação e discussão de um tema técnico. Após a visita ao centro de pesquisas, os alunos especificam uma aparelhagem de laboratório, congênera do laboratório visitado, consultando catálogos de fabricantes e normas técnicas para matérias-primas e produtos. Para o caso das indústrias, cada grupo deve abordar, pelo menos, uma etapa relevante no processo químico e discuti-la tecnicamente. Todos os temas técnicos para esses relatórios são sugeridos pelos profissionais das entidades visitadas.

O elenco das entidades visitadas em 1982 foi: CETEM, Centro de Tecnologia Mineral, Cimento Irajá, White Martins, Companhia Nacional de Alcalis e Companhia Eletroquímica Pan-Americana. Cada visita foi precedida por uma preleção (preparada pelo professor após a realização de visitas precursoras) de modo a descrever a organização e os objetivos de cada entidade visitada. Cada apresentação de relatório técnico foi programada entre duas e quatro semanas após cada visita, dependendo do calendário escolar.

A atividade "laboratório" visa desenvolver, em escala de bancada, processos inorgânicos industrializáveis. Solicita-se aos grupos de alunos focar os seguintes aspectos: perfil de consumo, tecnologia, segurança e higiene industrial, controle ambiental e controle de qualidade.

Os trabalhos de laboratório visam além do ensino de "química experimental" estimular os alunos a analisar e interpretar dados científicos e tecnológicos, comparar o desempenho de diversas formulações e vias de fabricação desde a obtenção do produto desejado até o seu controle de qualidade e tornar os alunos capazes de escolher, por iniciativa própria, o processo, as técnicas necessárias, seu planejamento e execução de acordo com métodos científicos, evitando entregar-lhes um simples receituário. Procura-se, assim, habilitá-los para enfrentar outros problemas.

As etapas de realização da atividade "laboratório" são:

1ª — Plano de Trabalho — incluindo resultados de levantamento bibliográfico e cronograma.

2ª — Relatório intermediário — perfil de consumo do produto e tecnologia escolhida.

3ª — Relatório final — o relatório deverá conter os registros dos sucessos e insucessos: após entrega do texto, são efetuadas as arguições.

O elenco dos trabalhos de laboratório foi: "Desidratação de gipsita", "Aproveitamento dos finos de carvão mineral", "Pigmentos minerais: obtenção e formulação básica de tintas", "Beneficiamento e lixiviação de minério de zinco", "Purificação da areia para fabricação de vidro para lâmpadas", "Produção de cal", "Obtenção de bicarbonato de sódio (técnico)", "Obtenção de nitrato de prata a partir de resíduos de laboratórios fotográficos", "Obtenção de pirofosfatos", "Vitrificação".

A atividade "projeto" visa preparar o futuro profissional nas etapas envolvidas no planejamento e execução de projetos de unidades industriais de produtos químicos inorgânicos. A elaboração do projeto foca os seguintes aspectos: mercado, perfil de consumo, tecnologia, capacidade de produção, segurança e higiene industrial, controle ambiental, controle da qualidade e cronograma de execução do empreendimento.

O grau de detalhamento exigido para os itens acima é definido nas "Normas de Projeto", entregues aos alunos no início do período, sendo o ítem "tecnologia" o mais solicitado. São cumpridas as seguintes etapas:

- 1ª Plano de Trabalho — o cronograma elaborado pelo grupo é analisado pelo professor responsável e, quando necessário, refeito sob sua orientação.
- 2ª Relatório intermediário — o grupo apresenta o estudo de mercado e o processo escolhido. Os componentes de cada grupo são arguidos sobre o texto.
- 3ª Relatório final — Após a entrega do projeto e sua exposição oral por um relator, seguem-se novas arguições dos componentes do grupo.

No ano de 1982, foram desenvolvidos "projetos" cobrindo os seguintes assuntos: "Estudo comparativo dos processos "Kel-Chlor" e "UHDE" para recuperação de cloro a partir de gás clorídrico residual"; "Desenvolvimento de processo para produção de enxofre a partir de rejeito piritoso do carvão de Santa Catarina"; "Produção de óxido de titânio, por via clorídrica, a partir do anatásio"; "Potencialidades para implantação de novas indústrias químicas inorgânicas no Brasil (I) e (II)"; "Produção de sulfato de amônio a partir de gipsita"; e "Produção de ácido fluorídrico".

A Figura 1 apresenta os objetivos de integração do ensino básico ao profissional através do manuseio de tecnologia disponível. A Figura 2 apresenta as vantagens didáticas da elaboração de projetos de equipamentos e processos industriais, válidas também para laboratórios de pesquisa ou controle de qualidade. A Figura 3 apresenta alguns dos aspectos que podem ser vistos durante as visitas técnicas.

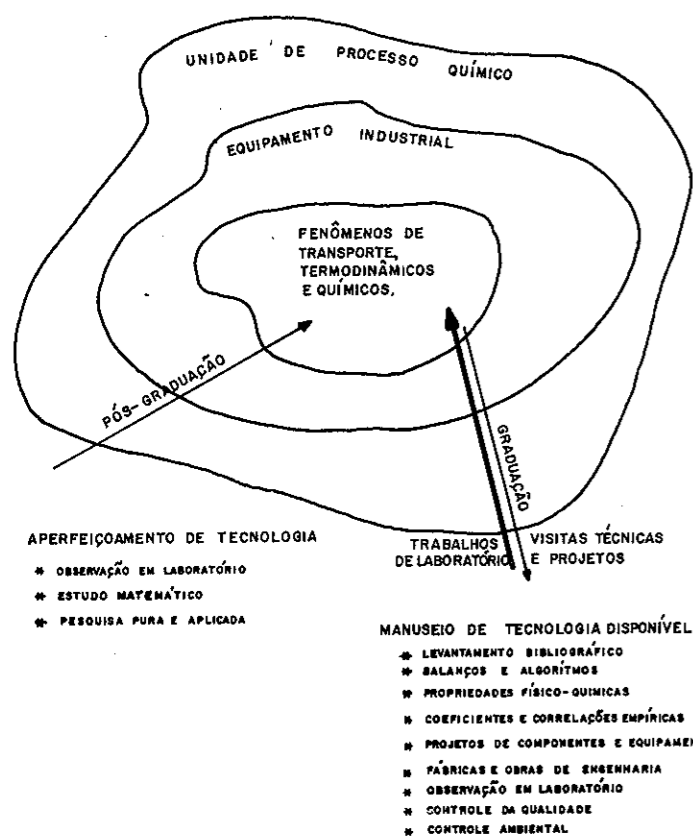


Fig. 1 — O ensino integrado de fenômenos de transporte, termodinâmicos, químicos, equipamentos industriais e unidades de processos inorgânicos.

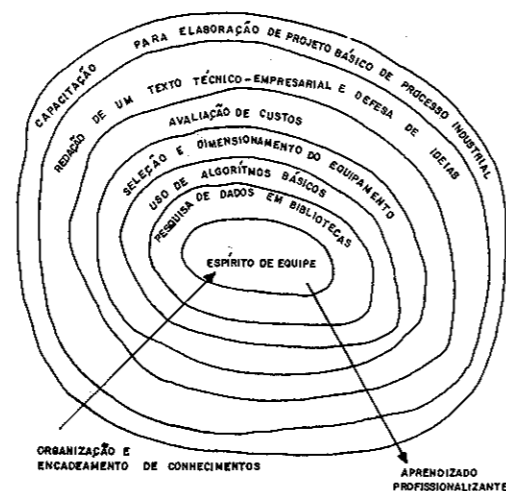


Fig. 2 — Vantagens didáticas da elaboração de projetos de equipamentos industriais e processos químicos.

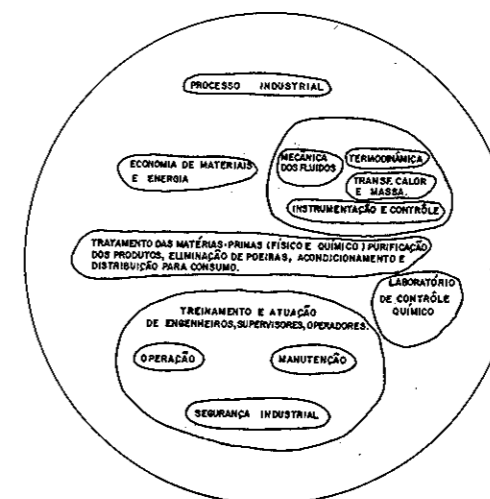


Fig. 3 — Aspectos visualizados numa visita a uma planta de processos inorgânicos industriais.

#### 4. CONCLUSÕES

- 1ª — A abolição das provas escritas causou um impacto entre os alunos e foi assimilado pelos mesmos com alguma desenvoltura, pois diversos grupos apresentaram relatórios técnicos excelentes.
- 2ª — O acompanhamento semanal dos grupos e suas atividades práticas ampliou o relacionamento acadêmico "docente-aluno", que fora reduzido nas décadas de 60 a 70 devido a massificação do ensino superior e à substituição do sistema seriado por créditos e requisitos.
- 3ª — O nível de interesse dos alunos aumentou devido às possibilidades oferecidas de "descobrir" e "criar" alternativas para problemas de tecnologia inorgânica.
- 4ª — Na atividade "projeto" concluiu-se que um docente pode atender por período, no máximo, seis grupos de projeto.
- 5ª — Na atividade "laboratório" verificou-se que cada docente pode acompanhar simultaneamente até três grupos.
- 6ª — Na atividade "visitas" foi necessário solicitar nas entidades visitadas o apoio de um engenheiro para cada grupo de seis alunos.
- 7ª — Verificou-se que as inovações didáticas enfatizaram a necessidade de uma sólida formação em disciplinas básicas tais como: Química Geral, Química Inorgânica, Química Analítica, Físico-Química, Termodinâmica, Fenômenos de Transporte e Cinética Química.
- 8ª — Verificou-se que a participação, via palestras, de especialistas, em tecnologias específicas, veio preencher uma lacuna poucas vezes percebida.
- 9ª — Observou-se que vários grupos de laboratório solicitaram, por sua iniciativa, visitas a indústrias usuárias do segmento tecnológico que compunham os seus trabalhos, para aprimorar seus conhecimentos e técnicas empregadas.
- 10ª — Finalmente, ressaltou-se o grande interesse despertado por essas práticas junto ao alumnado, principalmente no que concerne à parte de laboratório. Tudo isto bastante revelador de uma "demanda reprimida".

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SEPLAN/CNPq. *Programa nacional de apoio à química*. Brasília, 1981.
2. MASCARENHAS, B.J.G. *A organização e os recursos humanos na indústria química e o processo de inovação*. 1º Seminário Brasileiro da Indústria Química, Rio de Janeiro, 1981.
3. ZAKON, A. *O ensino integrado de fenômenos de transporte*. I Encontro Brasileiro sobre Ensino de Engenharia Química, ABEQ, 1981.

## COMUNICAÇÃO

### MÉTODO DE ENSINO EM LABORATÓRIO

Manuel Bernardo da Silva Neto\*

SILVA NETO, Manuel Bernardo da. Método de ensino em laboratório. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 147-151, 1º sem. 1983.

São apresentados os diferentes aspectos da interrelação entre os cursos de laboratório e de teoria. São discutidos os resultados da aplicação de um método de ensino no laboratório, realizado durante um semestre letivo com 40 alunos em um curso do Depto. de Telecomunicações da Divisão de Engenharia Eletrônica do ITA.

Interrelação. Laboratório. Teoria. Método. Ensino.

SILVA NETO, Manuel Bernardo da. Method of teaching in laboratory. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 147-151, 1º sem. 1983.

Different aspects of the interrelation between laboratory and theory courses are presented here. The results of a case study made during a semester with 40 students in the Group of Telecommunications of ITA Electronics Engineering Department are also discussed here.

Interrelation. Laboratory. Theory. Method. Teaching.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre as várias disciplinas nas escolas nos diversos campos de estudo, sobretudo naqueles de aspecto prático ou de desenvolvimento experimental, uma boa parte é responsável não só pela formação teórica como também pela formação prática ou técnica do indivíduo. Para tanto, tais disciplinas são divididas, ou melhor, subdivididas em aulas de teoria ou aulas teóricas e aulas práticas ou de laboratório. Dependendo do assunto, classificamos a relação entre essas partes em um dos três grupos:

- laboratório em sincronismo com a teoria;
- laboratório adiantado em relação à teoria;
- laboratório atrasado em relação à teoria.

O primeiro tem aplicação quando há necessidade de que os conceitos vistos na teoria tenham uma verificação prática, seja como complemento da mesma, seja como auxílio e reforço na fixação de tais conceitos. O segundo, aplica-se em situações nas quais a visualização do aspecto prático de um determinado conceito facilita o aprendizado teórico ou quando os assuntos abordados no laboratório podem ser adiantados sem prejuízo de entendimento. Para essa última situação, podemos cumprir um volume de programa maior ou expandir o programa de um assunto. O terceiro tipo, de aspecto oposto ao segundo, assemelha-se ao primeiro pela verificação prática após a verificação teórica. Entretanto, um laboratório de tal espécie é mais necessário quando a utilização prática de um conceito só é possível após um amadurecimento do mesmo.

Além dessa divisão, sob o ponto de vista de aplicação relativa entre teoria e laboratório, podemos classificar os laboratórios em três grupos, também, levando em conta o método de trabalho no mesmo:

- laboratório de demonstração;
- laboratório de verificação;
- laboratório de projeto ou de pesquisa.

\* Depto. de Telecomunicações do Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, SP, Brasil.



O laboratório demonstrativo tem a finalidade única de mostrar, ao aluno, o aspecto prático de um conceito já visto na teoria. Tal laboratório dispensa o esforço do aluno em realizar o conceito na prática. Também, é mais indicado, pelo seu aspecto informativo, que a aplicação do mesmo ocorra o mais próximo possível da teoria, principalmente se a relação entre as duas partes for otimizar o aprendizado, ou seja, aumentar o rendimento de retenção de informação por parte do aluno, elevando o nível de formação do mesmo.

O laboratório de verificação exige um pouco mais do aluno, pois, além da observação, ele agora deverá estudar como verificar o conceito. Neste tipo, ainda, o aluno não tem qualquer participação no desenvolvimento ou realização das montagens responsáveis pela obtenção prática do conceito em análise.

Esta última parte, é oferecida pelo laboratório de projeto ou de pesquisa, pois, nesta situação, o aluno deverá buscar soluções para a realização do conceito, o que exige pesquisa, escolha da montagem, desenvolvimento e projeto da mesma. Após essa etapa, virá a verificação com a correspondente observação.

O laboratório de verificação é aplicável quando o nível de formação prática exigida para o aluno com respeito ao conceito em questão não atinge a faixa da pesquisa. O laboratório de projeto, por ser o mais completo para a formação do aluno, é o mais difícil de ser aplicado pelo professor e o mais árduo de ser seguido pelo aluno. O professor deverá estar apto a poder orientar o aluno nas dificuldades que este vier a encontrar. Isto exige um constante aprimoramento do mesmo, além de constante atualização também. O aluno deverá dispensar um tempo maior para o estudo de um conceito em particular, além do trabalho, nem sempre gratificante, da pesquisa, levando em conta que a previsão do funcionamento de algo novo é limitada.

Relacionando os dois pontos de referência na determinação do tipo de laboratório em um determinado assunto, sugerimos que o laboratório de demonstração seja aplicado em sincronismo com a teoria. O laboratório de verificação pode ser aplicado em sincronismo, adiantado ou atrasado em relação à teoria. Já o laboratório de projeto, é mais adequado quando atrasado em relação à teoria, pois, exige uma quantidade maior de conhecimentos por parte do aluno.

Pensando, ainda, na finalidade de máxima transferência de informação ao aluno com a máxima retenção possível por parte do mesmo, podemos estruturar um determinado curso englobando a teoria e os três tipos de laboratório, simultaneamente, pois, determinados assuntos vistos na teoria serão melhor assimilados se houver uma demonstração prática relativa aos mesmos; outros, necessitarão um esforço maior do aluno, ou seja, a verificação experimental e não apenas a observação; concluindo, uma idéia de conjunto ou de detalhes só poderá ser alcançada de maneira ótima pela vivência ou pela pesquisa própria.

No primeiro semestre letivo de 1982 aplicamos o método de ensino em laboratório com ênfase na parte de projetos em um dos cursos de Telecomunicações do ITA. A seguir, expomos a idéia do método, previsões e alguns dados de retorno, calcados nos problemas que surgiram no decorrer do curso e em uma pesquisa feita junto aos alunos envolvidos.

## 2. LABORATÓRIO DE PROJETOS EM TELECOMUNICAÇÕES

### 2.1 Idealização

O curso de Princípios de Telecomunicações I do ITA é aplicado aos alunos do segundo ano profissional de Engenharia Eletrônica, no primeiro semestre letivo do ano. Seu caráter antigo baseava-se em experiências demonstrativas como uma parte de verificação.

Após algumas reuniões do Departamento de Telecomunicações, começamos a imaginar uma mudança no mesmo, no sentido de estimular mais o aluno em desenvolver sua capacidade de encontrar soluções a problemas e também permitir ao mesmo uma liberdade de pesquisa maior, o que resulta em um desenvolvimento da criatividade e originalidade por parte do mesmo.

Com esses argumentos, estruturamos um laboratório de projetos dentro do assunto do curso, transformando as experiências demonstrativas em pesquisa e desenvolvimento de

sistemas em condições mais reais. Procuramos dimensionar os tópicos e os temas associados de maneira que pudessem ser realizados sem exigir tempo além do previsto no calendário escolar para a referida matéria.

Entretanto, como se tratava de um tipo novo de laboratório, deixamos de reserva a condição de modificação dinâmica do programa ao longo do curso, pois, a situação, pelo menos no início, seria transitória.

Dado o número de alunos em torno de 40, montamos um esquema de 5 tópicos cada qual com 8 temas. Os alunos foram divididos em 8 equipes contendo, aproximadamente, 5 alunos cada. Desse modo, para cada tópico, uma equipe se preocuparia com apenas um tema. A forma de distribuição imaginada e aplicada foi o sorteio. Antes do início de cada trabalho, publicávamos uma apostila, relativa a todos os temas propostos, com o intuito de dar uma pequena orientação, sem muitos detalhes, de como atacar o problema. Ainda, tal apostila continha certas referências bibliográficas, previamente consultadas pelos professores envolvidos.

Foi dada liberdade ao aluno de fazer pesquisa, não se limitando a obter informações junto aos professores da matéria, apenas. A consulta poderia ser feita a qualquer referência. Dessa maneira, tentávamos eliminar, ou melhor, minimizar o problema da necessidade de um professor com uma bagagem de conhecimentos relativamente alta. Como consequência, faríamos com que o aluno desenvolvesse o espírito de busca, aumentando a sua capacidade de visão sobre onde encontrar ou onde começar a procurar informações para resolver seus problemas. Estaríamos, assim, evitando o vício do aluno de olhar o professor como alguém que tudo sabe e que tudo tem que resolver, mostrando ao mesmo que nenhum trabalho tem realização se não houver uma participação conjunta. Isto porque todos possuem suas limitações. Outra consequência importante, é que fazendo o aluno sentir os problemas da sua própria limitação, estaríamos criando no mesmo a consciência da necessidade de constante estudo e pesquisa.

Vemos, portanto, que o aspecto da formação humana toma, aqui, um caráter tão grande quanto a formação técnica.

Voltando ao programa do laboratório, o projeto constaria de 4 etapas:

- o desenvolvimento, constituindo-se de estudo teórico sobre o tema, escolha do circuito e dimensionamento dos componentes;
- a montagem, visando a realização prática;
- a verificação, englobando um conjunto de testes demonstrativos do desempenho do circuito em relação às especificações desejadas;
- a apresentação, composta da demonstração do circuito em funcionamento, exposição do trabalho aos demais colegas das outras equipes e entrega de um relatório sucinto do trabalho.

Dessa maneira, procurávamos minimizar a desinformação do restante da turma referente ao trabalho de uma determinada equipe. A idéia de apresentação seria em forma de seminários fechados, ou seja, somente entre os alunos da turma.

Como consequência, pensando na formação humana, estaríamos fazendo com que os alunos perdessem a inibição natural diante de um público espectador.

Com respeito à distribuição dos trabalhos, elaboramos um cronograma idealizado, pois, desconhecíamos as barreiras do caminho. Procuraríamos, entretanto, cumprí-lo o mais de perto possível. Outro ponto considerado foi o método de avaliação da produtividade dos alunos, consistindo de três partes:

- relatórios dos projetos (por equipe);
- testes individuais relativos aos projetos participados;
- testes individuais bimestrais sobre os tópicos.

Aqui, tentaríamos medir a qualidade do trabalho através do relatório. O aprendizado individual relativo ao trabalho de equipe, ou melhor, o grau de participação dentro da equipe no trabalho proposto, seria evidenciado pelos testes individuais relativos aos projetos participados. Por último, os testes individuais bimestrais sobre os tópicos, dariam uma indicação do grau de transmissão do assunto global.

## 2.2 Aplicação e Dificuldades

A aplicação inicializou-se com a exposição aos alunos, do método de laboratório e do cronograma idealizado, ressaltando-se que eram desconhecidas as dificuldades que poderiam surgir. Efetuamos o sorteio dos vários temas e demos a partida.

Como era esperado, a situação real tornou-se diferente da idealizada, sugerindo a utilização do dinamismo das mudanças do programa anteriormente previsto. O maior problema enfrentado foi o tempo, pois, os trabalhos exigiam dos alunos uma quantidade de informação média mais alta do que os mesmos possuíam, embora a dimensão dos trabalhos tenha sido feita tomando como base a experiência média esperada para os alunos, adquirida nos cursos passados. Isto sugere que a retenção de informações não foi eficiente ou que a transmissão anterior foi falha. Um caso a se analisar. Dessa maneira, os alunos gastaram mais tempo que o previsto para estudar os assuntos determinados.

Quanto às apresentações, a dificuldade maior foi a de organizar as equipes de maneira que pudessem apresentar o essencial aos demais companheiros dentro do tempo disponível.

Problemas não menores, mas com soluções mais fáceis, surgiram com respeito a equipamentos, material de consumo para as montagens e temporização para utilização dos laboratórios pelas equipes.

Todos esses problemas, dificultaram o andamento dos trabalhos, havendo a necessidade de aumento no prazo de tempo para a realização dos mesmos. Com isso, a consequência foi a diminuição do programa.

Com respeito à avaliação, o método foi cumprido, revelando que além das etapas idealizadas precisamos de mais uma que é o conceito devido ao trabalho por parte do aluno, não evidenciado nessas etapas. Tal conceito é obtido pelo acompanhamento dos mesmos por parte do professor.

Embora o programa tenha sido reduzido, o principal objetivo foi atingido, que era fazer com que o aluno sentisse, por si próprio, as dificuldades práticas dos assuntos vistos, que certamente apareceriam nos demais e que sempre aparecerão na vida prática.

## 2.3 Análise dos Problemas e Possíveis Soluções

Uma vez detectados, os problemas devem ser solucionados ou, quando impossível, contornados.

Vista a dificuldade de estudo e a falta de tempo, devemos, em uma outra aplicação do método, redimensionar o volume de trabalho esperado, deixando uma margem de folga no tempo para possíveis imprevistos.

Torna-se necessário, também, um melhor planejamento para a organização das apresentações. Precisamos tomar providências, no que diz respeito às condições de trabalho oferecidas, melhorando a qualidade e disponibilidade de equipamentos, bem como uma previsão de material de consumo para as montagens.

Por último, manter um acompanhamento constante aos alunos, parece ser indispensável para uma justa avaliação.

## 2.4 Pesquisa Feita com os Alunos Envolvidos

Realizamos, após o semestre letivo, mais precisamente imediatamente após o término do curso, uma pesquisa de opinião sobre o método e sugestões para solução dos problemas encontrados, junto aos alunos participantes.

Além dos problemas acima mencionados e que são de caráter geral, detectamos mais alguns, de menor ordem, sendo mais importante a necessidade de um programa mais elaborado para os cursos de formação anteriores, ressaltando o aspecto prático dessa formação.

Uma sugestão para melhorar o intercâmbio de informações entre as equipes, relativas aos trabalhos de cada uma, é a publicação, após o término de cada tópico, de uma apostila contendo o resumo essencial de cada atividade.

Na pesquisa, obtivemos dados positivos, verificando, assim, que as previsões das consequências foram mais ou menos corretas. Segundo os alunos, o método é realmente interessante, pelo contacto com problemas práticos. A participação em experiências, no aspecto humano, é mais útil, de certa maneira, que o conhecimento. Também, em atividade de grupo surgem idéias novas e diferentes. Ainda, há oportunidade de manifestação da criatividade de cada um. Por consequência, estreita o relacionamento entre o aluno e os professores, o que é muito bom para o crescimento da instituição.

De maneira geral, resolvidos os problemas detectados, o método foi bom e deve ser aplicado mais vezes. A maioria considerou esse tipo de laboratório importante para a sua formação profissional.

Entre a equipe, a maioria ressaltou que houve divisão de tarefas, sem prejuízo de uma visão global do projeto. Em outras palavras, o trabalho pode ser decomposto em partes sem que os elementos constituintes do grupo se isolem uns dos outros.

## 3. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Analisando a experiência, podemos dizer que houve uma parcela considerável de sucesso, mesmo com todas as limitações encontradas.

O mesmo método foi revisado e melhorado, tendo sido aplicado no curso seqüente (Princípios de Telecomunicações II) durante o segundo semestre de 1982, já com resultados mais satisfatórios com respeito à organização e desempenho dos alunos. Atualmente, devido a mudanças curriculares na Divisão de Engenharia Eletrônica, tal laboratório está suspenso (1983). Entretanto, após esse período transitório, voltará a ser aplicado (1984 em diante), devendo ser constantemente aprimorado.

Qualquer crítica a esse trabalho será bem recebida, na ciência de que somente com a consideração de vários pontos de vista é que poderemos enriquecê-lo.

## COMUNICAÇÃO

### DISTORÇÃO DO CONCEITO DE ESTÁGIO E SUAS IMPLICAÇÕES NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO

Rodolfo Domenico Pizzinga\*  
Hermann Regazzi Gerck\*\*

PIZZINGA, Rodolfo Domenico & GERCK, Hermann Regazzi. Distorsão do conceito de estágio e suas implicações na formação do engenheiro. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 153-156, 1ª sem. 1983.

Os autores, professores universitários há mais de uma década, têm observado em suas atividades profissionais fora do âmbito acadêmico que, sistemática e progressivamente, as ofertas de estágio para alunos concluintes de cursos superiores, notadamente de Engenharia, têm diminuído. Mais grave, e conseqüentemente mais dramática, é a situação do engenheiro que, depois de a duras penas conseguir colocação como estagiário, se vê obrigado a exercer atividades meramente burocráticas, totalmente divorciadas de suas aspirações e francamente incompatíveis com sua formação superior. Assim, a "Distorsão do conceito de estágio e suas implicações na formação do engenheiro" reflete a angústia de tantos quantos passaram — e passam — por esta inconcebível e incômoda situação. Finalmente, é recomendada uma atuação mais participativa e mais atuante por parte dos CREAs, dos diversos estados da Federação. Definitivamente, é obrigação de todos os engenheiros, dar prioridade total a esse assunto, que já vem se arrastando há muito tempo e deixando seqüelas indesejáveis.

Estágio. Treinamento complementar.

PIZZINGA, Rodolfo Domenico & GERCK, Hermann Regazzi. The distortion of the concept of training and its implications in the engineer's formation. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 153-156, 1ª sem. 1983.

The authors, who have been professors for more than one decade, have been noticed in their professional activities outside the academic field that there has been a systematic and progressive decrease of training opportunities for newly graduated students. More serious, and consequently more dramatic, is the position of the Engineering student, who managed to get a job as a trainee only after a hard struggle and finds himself forced to carry out mere bureaucratic activities, completely different from his aspirations and totally discordant to his career. Thus, the "Distortion of the concept of training and its implications in the engineer's formation" results in a type of work which reflects the anguish of all those who gone — and are still going — through that incomprehensible and uncomfortable situation. Finally, it suggests a more active performance of the several State CREAs. It is definitely an obligation for all Engineers to give this subject total priority, as it has been lasting for so long and leaving behind undesirable consequences.

Training period. Complementary training.

#### 1. ESTAGIAR, PARA QUE?

Nos últimos congressos de Engenharia, tem sido profundamente discutida, a questão dos estágios e suas múltiplas implicações na formação profissional do futuro engenheiro. Predominantemente, têm sido abordados tópicos, como o tempo de duração do estágio, qual o período escolar mais adequado para o início das atividades de estágio, suas vantagens e desvantagens e a carência de ofertas de vagas de estágio, entre outros.

No III Congresso de Ensino de Engenharia, patrocinado pela ABENGE, São Paulo, em 1981, estes autores, em colaboração, apresentaram o trabalho *O Problema dos Estágios nas Escolas de Engenharia*, que enumera as vantagens do estágio, as quais, constituindo a alavanca das recomendações do presente ensaio, vão abaixo transcritas:

\* Professor responsável por Ciências do Ambiente do DES do CEFET "CSF" — RJ;

\*\* Professor titular de Química e de Corrosão da USU-RJ.

- a) o estágio acelera a formação profissional do futuro engenheiro;
- b) o estágio possibilita ao futuro engenheiro a aplicação prática de seus conhecimentos teóricos;
- c) o estágio motiva o estudo; através dele o futuro engenheiro vê a finalidade e aplicação de seus estudos e sente, assim, suas possibilidades;
- d) o estágio permite maior assimilação das matérias que estão sendo ministradas na escola;
- e) o estágio facilita e antecipa a auto-definição do futuro engenheiro, em face de sua futura profissão;
- f) o estágio atenua o impacto da passagem da vida estudantil para a vida profissional, reduzindo a situação de insegurança inicial do recém-formado;
- g) o estágio proporciona ao futuro engenheiro contato com seu futuro meio profissional;
- h) o estágio possibilita ao futuro engenheiro sentir as suas próprias deficiências e buscar um aprimoramento;
- i) o estágio permite ao futuro engenheiro descobrir a utilidade dos conceitos e o valor das hipóteses, com mais objetividade;
- j) o estágio permite ao futuro engenheiro adquirir uma atitude de trabalho sistematizado, desenvolvendo nele a consciência da produtividade;
- l) o estágio familiariza o futuro engenheiro com sistemas e procedimentos usuais, e propicia contato com pessoas de níveis e escalões diferentes, adquirindo sensibilidade à hierarquia de pessoas, valores e motivos operacionais;
- m) o estágio propicia um treinamento de relacionamento humano;
- n) o estágio, através dos relatórios que devem ser elaborados, incentiva a observação e comunicação concisa das idéias e experiências adquiridas;
- o) o estágio incentiva o exercício do senso crítico e estimula a criatividade;
- p) o estágio oferece excelente oportunidade para elaboração dos trabalhos de conclusão de Curso;
- q) o estágio permite ao futuro engenheiro conhecer a filosofia, diretrizes, organização e funcionamento das empresas e instituições em geral.

Assim, parece ficar evidente, que o estágio curricular ou livre, é fundamental na complementação profissional do engenheiro, pois o poder da inovação, a perfeição do trabalho, a eliminação das incertezas, a precisão dos resultados, [que] são tarefas inerentes aos técnicos, e somente a eles (Ferraz, 1982, p. 12), no caso específico de futuros engenheiros, só se viabilizarão eficientemente, se, preliminarmente iniciadas na forma já aludida — o estágio.

No Curso Superior de Engenharia, para as disciplinas de formação específica, a efetiva capacitação profissional ocorre, quando há transferência e assimilação de conhecimentos, sob as formas de fundamentos e aplicações.

TABELA 1

Intensidade dos componentes fundamentos e aplicações nas disciplinas de formação específica, segundo o nível de capacitação profissional (CIEE, 1977). (modificado)

Nível de Qualificação	Fundamentos %	Aplicações %
Auxiliar Técnico (2º grau)	30	70
Técnico Pleno (2º grau)	50	50
Superior Curta Duração	75	25
Superior Plena Duração	90	10
Pós-Graduação	95	5

*Entende-se por fundamentos os princípios, os métodos e as tecnologias, e por aplicações as técnicas, os processos, as tarefas e, até mesmo os passos constitutivos de determinado projeto. Noções de técnicas poderão, conforme cada caso, ser incluídas em fundamentos (CIEE, 1977).*

Na Tabela 1 apresenta-se a intensidade com que as aplicações e os fundamentos podem estar distribuídos, segundo o nível de capacitação profissional. Pequenas variações nesses percentuais, não alteram nem diminuem a importância dos estágios na formação profissional do engenheiro.

Como, normalmente, e por força de sua própria estruturação, as Escolas Superiores de Engenharia prendem-se mais, no processo educativo, à transmissão de fundamentos, só através dos estágios é possível o acesso a conhecimentos técnicos atualizados. Esta vivência, só pode se fazer de forma pessoal, fora da Universidade, onde o estagiário defronta-se com situações reais e em escala natural, e com equipamentos verdadeiros.

Logo, o estágio legitima e comprova a teoria aprendida na Escola, bem como ensina os procedimentos, que a teoria, pelo seu formalismo, normalmente não inclui. Além disso, induz no estagiário a noção de eficiência e lhe ensina que a competência técnica é exigida em todas as atividades (Ferraz, 1982, p. 18).

Esta breve introdução fez-se necessária para que se possa discutir e apresentar, agora, o motivo deste trabalho. Antes porém é preciso reforçar, que é intolerável e inadmissível conceber-se um Curso de Engenharia, onde o estudante não tenha tido contato, ainda que breve, com o mundo profissional.

Logo, o estudante deve procurar estagiar para auferir aquelas vantagens citadas anteriormente. Entretanto, as ofertas de estágio, sabidamente, têm progressivamente diminuído. As conseqüências são evidentes. São, obviamente, o inverso das vantagens. O medo, a insegurança e a inexperiência poderão traumatizar, indelevelmente, a personalidade daquele Engenheiro que, desafortunadamente, não conseguiu estagiar, além de dificultar sua colocação profissional.

Somado a isso, parece que, ultimamente, algumas empresas de Engenharia, por motivos inconfessáveis mas evidentes, têm colocado estudantes de Engenharia que se candidatam a vagas de estágio, em funções que pouco ou nada têm a ver com sua formação profissional! Assim são encontrados engenheiros em funções de auxiliar de escritório, arquivista, relações públicas, secretário, datilógrafo, contínuo, tradutor, compilador, etc., ou seja, atribuições meramente burocráticas. A simples consulta à seção de Classificados dos jornais, reforça estas afirmações. A título de exemplo, o Jornal do Brasil de 25.10.81, na página 35, publicou a seguinte oferta de estágio:

**ESTAGIÁRIO DE ENGENHARIA**

Firma de Engenharia de atuação nacional procura para trabalho em área comercial. Cursando 4ª série. Curriculum c/foto para Portaria deste Jornal sob nº T.931600/21.

Isto não significa que as aludidas funções e atribuições sejam indignas ou vergonhosas em si, mas o engenheiro está, na Universidade, sendo preparado para outro fim que não aquele e, atividades daquela natureza, se não são deletérias sob o aspecto cultural o são sob o profissional, pois nada lhe somarão a sua profissão nem o prepararão tecnicamente para exercer adequadamente sua ocupação fundamental. Está sendo, portanto, deturpado, inadvertida ou intencionalmente, a idéia e o conceito de estágio, com mero trabalho de caráter administrativo ou burocrático. E, como diz Chesterton, a idéia que não procura tornar-se palavra é uma idéia inútil, e a palavra que não procura tornar-se ação é uma palavra inútil (Pauwels e Bergier, 1981, p. 23).

A utilização e o aproveitamento de estudantes de Engenharia para outros fins que não sejam os de caráter evidentemente técnico, é deplorável e irresponsável. Por ser mão-de-obra altamente qualificada e constituir-se em força de trabalho indispensável, sua contratação para os fins anteriormente enunciados é uma deturpação de sua vocação, de seu anseio, de sua aspiração!

Esses absurdos que são praticados contra o estagiário, levam, em alguns casos, o estudante a estabelecer, através de um raciocínio simplista, uma dicotomia indesejável entre o que é ensi-

nado na graduação e aquilo que, segundo ele, é utilizado na vida prática. Isso é totalmente indesejável, pois o estudante adquire uma falsa noção de suas atividades profissionais e passa a rejeitar e a menosprezar seu Curso de Graduação, julgando-o ultrapassado e até mesmo desnecessário, em vista do que lhe é imposto nas empresas.

O estágio verdadeiro impede que esta dicotomia prevaleça, pois permite o estabelecimento de uma ponte e de sólidas ligações entre as atividades profissionais e as atividades acadêmicas de graduação, ou seja, uma perfeita harmonia entre teoria e prática e, em última análise, entre Escola e Empresa.

## CONCLUSÕES

O estágio é um treinamento complementar, que somado às informações recebidas na Escola, capacita o estudante para a vida profissional. Abdicar desta atividade, só traz malefícios que irão repercutir na própria vida profissional, a curto e médio prazos. A superação de deficiências e o desenvolvimento de aptidões, só se concretizam através do estágio adequadamente estruturado.

A utilização de estagiários de Engenharia em funções administrativas e burocráticas que não tenham ligação com a prática da Engenharia é, portanto, leviana e irresponsável. Além de prejudicar a formação técnica dos estagiários, rouba-lhes a oportunidade de se prepararem convenientemente para o exercício da profissão.

Degenerações e distorções do conceito de estágio, devem ser repelidas veementemente pela Classe, pois a continuarem os absurdos ora registrados, o aviltamento da profissão de Engenheiro, poderá levá-la, a degraus incômodos e perigosos. É preciso ser tomada já uma medida saneadora e coercitiva, impondo o respeito à norma legal. O estágio não deve transformar, apenas, o estudante em um funcionário, mas antes e principalmente, num futuro bom profissional.

## RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se, a fim de por cabo ao que ficou denunciado, a formação, nos Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREAs) dos diversos Estados da Federação, de Comissões Fiscalizadoras das Atividades dos Estagiários. A participação ativa e responsável de todos os Engenheiros é fundamental na erradicação deste quisto, de resultados tão nocivos ao bom exercício da arte da Engenharia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIE-E. *Manual de estágio*; subsídios ao pessoal que trata de estágios de estudantes em escolas/faculdades/universidades da rede de ensino oficial e particular. São Paulo, 1977.
- CIE-E. *Manual de estágio*; subsídios ao pessoal que trata de estágios de estudantes em empresas e instituições do setor público e privado. São Paulo, 1977.
- Ferraz, H. *Técnicos e Políticos*. São Paulo, 1982.
- NÍVEL SUPERIOR. In: *Jornal do Brasil*. Sec. Classificados. Rio de Janeiro, 25 de out. 81, p. 35.
- Pauwels, L. e Bergier, J. *O despertar dos mágicos*. (Trad.) São Paulo: DIFEL, 1981.
- Pizzinga, R.D. et alii. *O problema dos estágios nas escolas de engenharia*. Rio de Janeiro, 1981.

## COMUNICAÇÃO

### CICLO DE AULAS DE LABORATÓRIO EM VIBRAÇÕES DE SISTEMAS MECÂNICOS NO PROCESSO ENSINO APRENDIZAGEM

F.P. Lépoire Neto\*  
V. Steffen Jr.\*

LÉPOIRE NETO, F.P. & STEFFEN JR., V. Ciclo de aulas de laboratório em vibrações de sistemas mecânicos no processo ensino aprendizagem. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 157-162, 1º sem. 1983.

Descreve a organização de um ciclo de aulas práticas de laboratório, ministradas dentro da disciplina "Vibrações dos Sistemas Mecânicos", a nível de graduação no curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia. Procurou-se desenvolver nos alunos uma visão do comportamento dos modelos físico, matemático e experimental, abordando trabalhos de laboratório de dificuldade decrescente, utilizando montagens experimentais de baixo custo.

Engenharia mecânica. Vibrações mecânicas. Ensino de laboratório.

LÉPOIRE NETO, F.P. & STEFFEN JR., V. Mechanical vibrations laboratory activities as a help to improve teaching. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2: 157-162, 1º sem. 1983.

Describe the organization of laboratory activities developed for the course "Mechanical Systems Vibrations" on the undergraduate Mechanical Engineering level at the Federal University of Uberlândia (Brazil). The students were led to analyse the behaviour of mechanical systems formulating physical — mathematical and experimental models by laboratory works presenting growing difficulties using low cost experimental apparatus.

Mechanical engineering. Mechanical vibrations. Laboratory teaching.

## 1. INTRODUÇÃO

A disciplina "Vibrações de Sistemas Mecânicos (VSM)", é optativa, cursada geralmente no 9º período do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia. Os pré-requisitos devem incluir conhecimentos básicos em Vibrações Mecânicas com enfoque sistêmico. É também interessante que o aluno tenha alguma familiaridade com as técnicas e princípios físicos usados em medidas de grandezas elétricas.

O curso tem uma carga horária de 4 horas-aula semanais, sendo duas de laboratório. As práticas são feitas por grupos nunca maiores do que seis alunos, sendo cada tópico desenvolvido em 4 aulas, sendo 2 de presença efetiva no laboratório e as demais para discussão dos resultados dentro do grupo e redação de um relatório técnico com formato pré-especificado, que serve como roteiro de trabalho.

O objetivo geral da disciplina, conforme o plano de curso é: identificar de forma geral os problemas de vibrações em sistemas mecânicos: como calculá-las, prevê-las e propor soluções; operar os equipamentos básicos de laboratório, conhecer algumas técnicas experimentais e explicar o princípio de funcionamento dos tipos de sensores e instrumentos mais usados.

O que se pretende é criar nos alunos uma atitude científica a manifestar-se diante de um problema específico, capacitando-o a formulá-lo analiticamente, idealizando um modelo físico e matemático adequado ao modelo experimental. É fundamental que o aluno perceba as correlações existentes entre os dois modelos, sabendo ajustá-los de forma a otimizar a solução do problema.

Cinco trabalhos de laboratório foram desenvolvidos em ordem crescente de complexidade, procurando utilizar acumulativamente os conhecimentos e técnicas adquiridas.

\* Depto. de Engenharia Mecânica, da Univ. Federal de Uberlândia. Uberlândia. MG, Brasil.

A preocupação com o custo do curso nos levou a montagens experimentais reaproveitáveis nas atividades seguintes, nas quais novos aspectos são abordados.

No item dois são apresentadas as atividades de laboratório do curso (LAB1 e LAB5), onde consta o objetivo, a instrumentação necessária, e as questões propostas nos relatórios.

## 2. AULAS DE LABORATÓRIO DA DISCIPLINA VSM

### LAB 1. "Instrumentação de Laboratório"

#### a) Objetivo:

Conhecer os equipamentos básicos de laboratório e o princípio de funcionamento dos tipos de sensores e instrumentos mais usados.

#### b) Instrumentação necessária:

- Mesa vibratória de 1 grau de liberdade (construída no Departamento de Engenharia Mecânica-DEM), conforme esquema Fig. 1.,
- Sensores indutivos com e sem contato (construídos no DEM), conforme mostra a Fig. 2,
- Relógio comparador,
- Extensômetros elétricos,
- Células de carga,
- Lâmpada estroboscópica,
- Registrador galvanométrico,
- Osciloscópio,
- Excitador eletrodinâmico de vibração (construído no DEM) conforme mostra a Fig. 3.

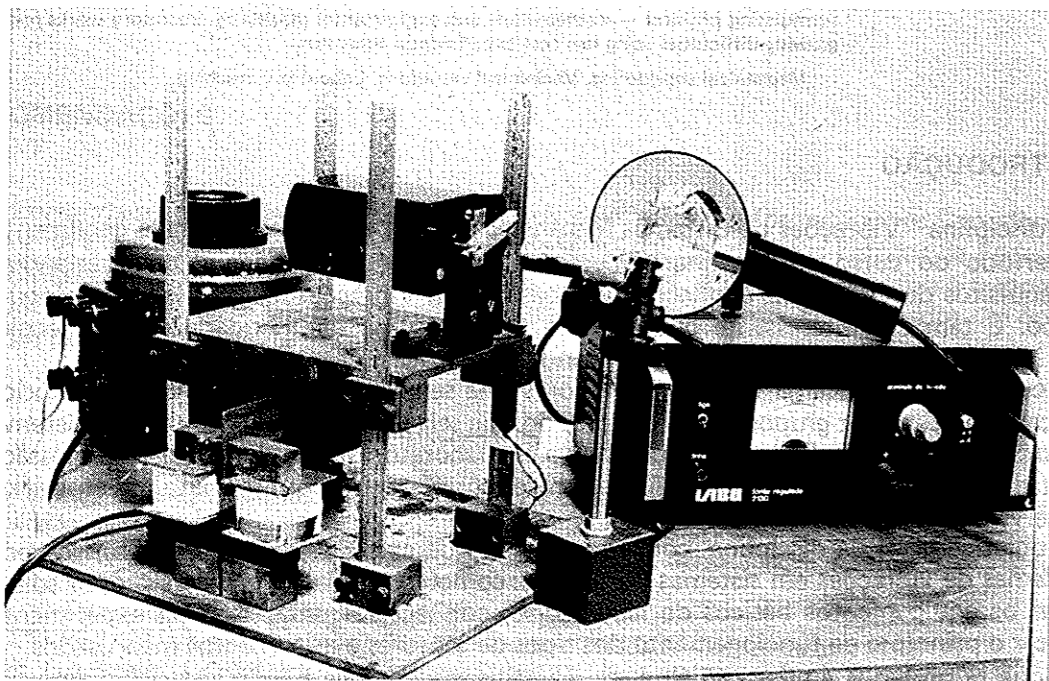


Fig. 1 - Mesa vibratória

#### c) Relatório

- 1) Esboce a montagem experimental indicando os diversos instrumentos.
- 2) Qual é o princípio de funcionamento dos sensores indutivos com e sem contato vistos na aula? Faça um esquema dos sensores e caracterize as principais diferenças entre eles.
- 3) Como se faz a calibração de células de carga a extensômetro elétrico?

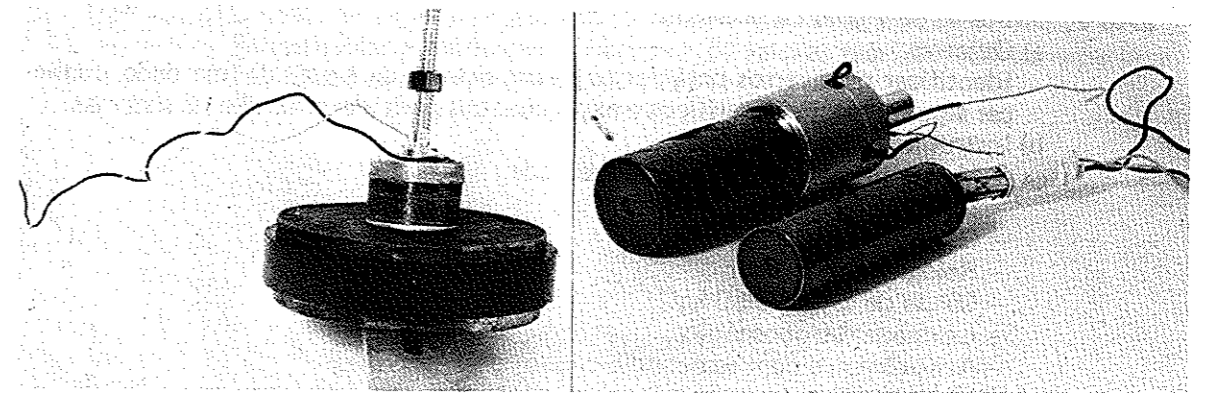


Fig. 2 - Sensores indutivos com e sem contato

- 4) Como foi usado o extensômetro elétrico para a medida de deslocamento? Como é feita a calibração deste sensor?
- 5) Qual é o cuidado que se deve tomar nas medidas de frequência e rotação usando lâmpada estroboscópica ("parada do movimento")?
- 6) Como funciona a ponte de Wheatstone?
- 7) Como funcionam os registradores galvanométricos e os osciloscópios?
- 8) Qual é o papel da bobina móvel no excitador eletrodinâmico? Se a corrente excitadora foi mantida constante como será a amplitude da força resultante?
- 9) Que tipo de excitadores são caracterizados numa campanha elétrica de porta e num alto-falante?
- 10) Monte uma tabela que indique as medidas de deslocamento estáticas e dinâmicas obtidas com os seguintes sensores:
  - A - indutivo de contato
  - B - extensômetro elétrico
  - C - relógio comparador

Indique os desvios entre os desvios das medidas em relação a que você considera mais confiável.

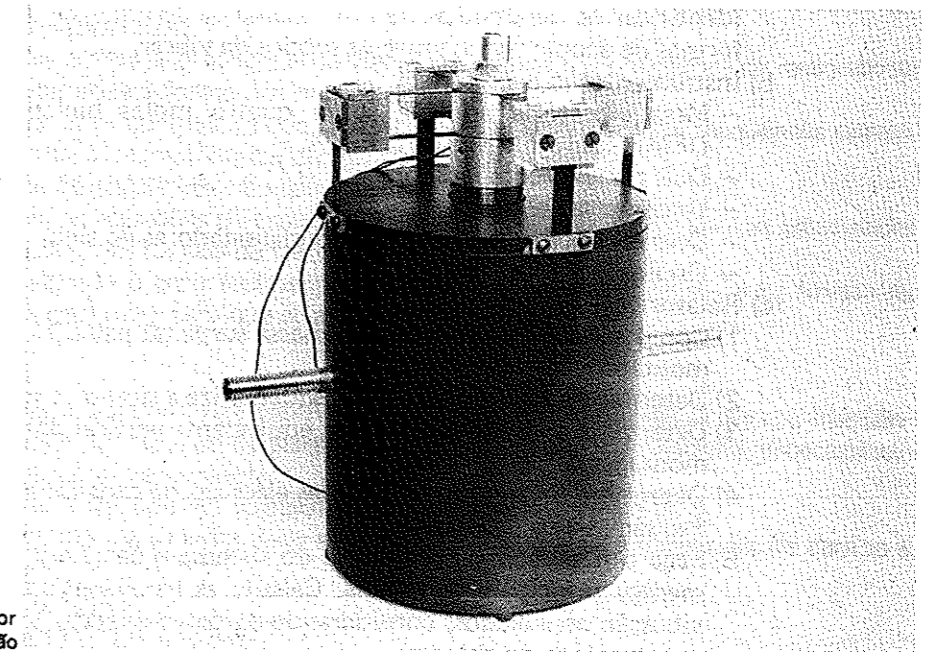


Fig. 3 - Excitador eletrodinâmico de Vibração

## LAB 2. "Sistema de 1 grau de liberdade"

- a) Objetivo:  
Identificar os diversos parâmetros de um sistema de 1 grau de liberdade, conhecer alguns métodos analíticos e experimentais para identificação de sistemas.
- b) Instrumentação necessária:
- Mesa vibratória de 1 grau de liberdade,
  - Sensor indutivo com contato,
  - Osciloscópio,
  - Relógio comparador,
  - Célula de carga de 50 kgf,
  - Lâmpada estroboscópica,
  - Acelerômetro com seu condicionador de sinal.
- c) Relatório:
- 1) Faça um esquema da montagem experimental, relacionando os equipamentos utilizados.
  - 2) Identifique os seguintes parâmetros do sistema:
    - a) Frequência natural (método de medida e equipamento usado)
    - b) Como foi determinada a constante elástica estática do sistema? (Trace o diagrama  $F = F(x)$ )
    - c) determine a massa do sistema e compare com o valor encontrado usando o "k" estático
    - d) De que maneira o aumento da massa influenciou na frequência natural?
  - 3) Para a suspensão elástica do sistema:
    - a) Como estão associados as molas?
    - b) Calcule a constante elástica por um método analítico e compare com os valores encontrados experimentalmente.
  - 4) Com os registradores disponíveis é possível medir o amortecimento? Por que?
  - 5) Para seis valores de frequência, medir as amplitudes de deslocamento e traçar a resposta em frequência do sistema.
  - 6) Analisar a variação da fase (entre força e deslocamento) em função da frequência.
  - 7) Verificar a fase entre deslocamento, velocidade e aceleração para várias frequências.

## LAB 3. "Sistemas Equivalentes"

- a) Objetivo:  
Identificar os parâmetros de um sistema de 06 graus de liberdade e conhecer as formas de acoplamento entre os modos de vibrar.
- b) Instrumentação necessária:
- Mesa vibratória apoiada sobre quatro molas helicoidais (construídas no DEM), conforme esquema Fig. 4.
  - Dois relógios comparadores
  - Uma massa calibrada
  - Dois acelerômetros com seus condicionadores de sinal
  - Osciloscópio
- c) Relatório
- 1) Como seria a determinação da massa suspensa pelas 04 molas? Esquematize a montagem.
  - 2) Determine a posição do C.M. Esquematize a montagem.
  - 3) Determine a constante elástica equivalente vertical das molas. Esquematize a montagem.
  - 4) Determine o valor das constantes elásticas de cada uma das molas do sistema. Esquematize a montagem.
  - 5) Faça um esboço da geometria do sistema e calcule o valor teórico dos momentos principais de inércia. Calcule as frequências naturais dos modos de vibração assinalados, considerando-os desacoplados. Verifique a condição de acoplamento do sistema.

- 6) Determine experimentalmente as frequências naturais dos modos do item 5. Esquematize a montagem e compare os valores teóricos com os experimentais. Quais as possíveis fontes de erro?

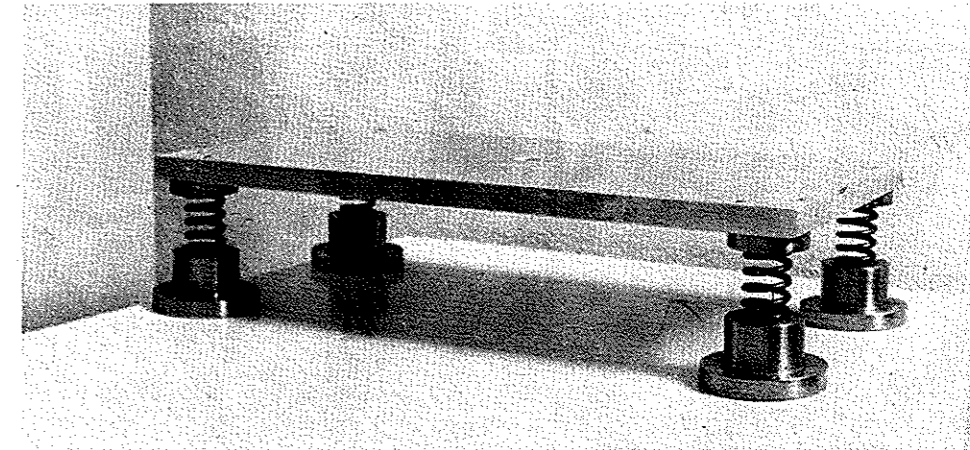


Fig. 4 - Esquema da mesa vibratória

## LAB 4. Absorvedor Dinâmico de Vibrações

- a) Objetivo  
Identificar um sistema de 02 graus de liberdade, compreender e aplicar o princípio dos absorvedores dinâmicos de vibração.
- b) Instrumentação necessária
- Mesa vibratória de 02 graus de liberdade (construída no DEM, Fig. (1)).
  - Dois acelerômetros com seus condicionadores de sinal.
  - Um excitador eletrodinâmico de vibração.
  - Um registrador de papel, galvanométrico.
  - Um osciloscópio.
- c) Relatório
- 1) Faça um esquema de montagem experimental
  - 2) Determine e analise a resposta em frequência do sistema de 1 g.d.l. Determine a ressonância e o amortecimento presente no sistema
  - 3) Determine e analise a resposta em frequência do sistema de 2 g. d. l. Determine as ressonâncias.
  - 4) Observe a fase e o movimento das duas massas nas condições de ressonância e esquematize a forma dos modos de vibrar.
  - 5) Porque ocorreu uma queda significativa da amplitude na frequência correspondente à ressonância do antigo sistema de 1 g. d. l? Porque tal amplitude não caiu a zero?
  - 6) Escreva as equações de movimento, a equação de frequências e as amplitudes das massas em função da frequência de excitação.
  - 7) Desprezando o amortecimento, quais seriam os valores de  $m_2$  e  $k_2$  (massa da lâmina superior) para que se anule a vibração de  $m_1$ ?

## LAB 5. Rotor Flexível

- a) Objetivo:  
Identificar o sistema rotor-flexível, determinar as velocidades críticas e frequências naturais de vibração do sistema com rotação nula e do sistema giroscópico.
- b) Instrumentação necessária:
- Sistema rotor-flexível (construído no DEM) conforme Fig. 5.
  - 02 captos de proximidade sem contato, com seus excitadores de campo e fonte DC.
  - 01 osciloscópio
  - 01 excitador de vibração

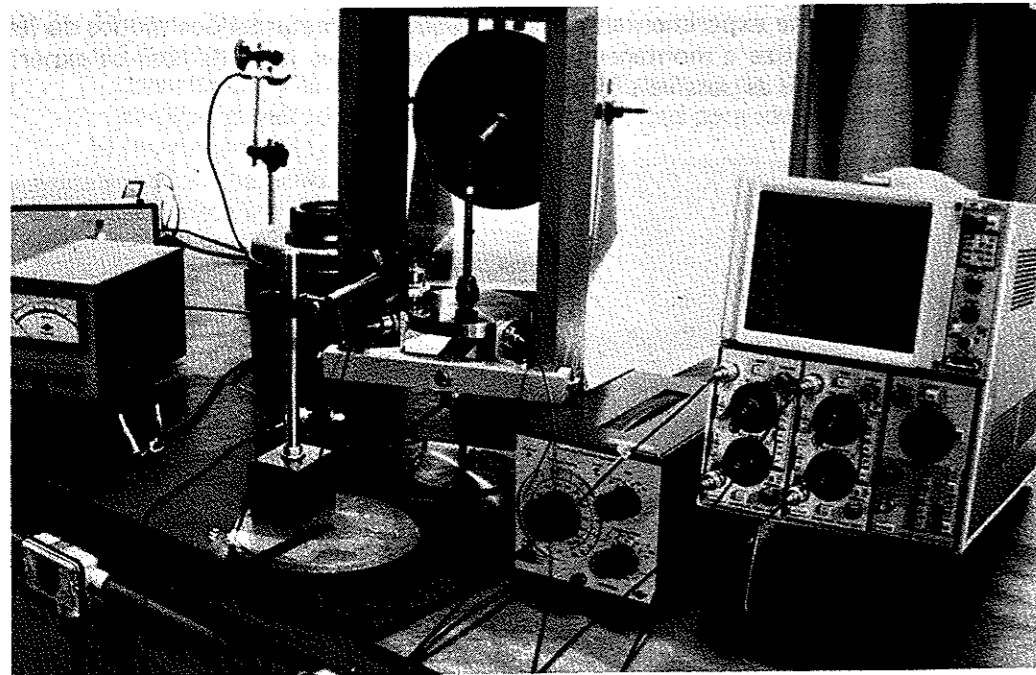


Fig. 5 — Sistema Rotor-Flexível

## c) Relatório

- 1) Faça um esquema da montagem experimental
- 2) Escreva as equações do movimento do sistema giroscópico
- 3) Para o rotor sem rotação, determine as frequências naturais de vibração
- 4) Faça girar o rotor e trace um gráfico de  $\omega = \omega(\Omega)$  onde  $\omega$  é a frequência de vibração e  $\Omega$  a velocidade angular de rotação do rotor.
- 5) Determine as velocidades críticas
- 6) No gráfico obtido em 3, trace a reta  $\omega = \Omega$   
Os pontos de intersecção desta reta com as curvas obtidas, permite determinar as velocidades críticas. Compare-as com aquelas obtidas experimentalmente no item 4.
- 7) Compare os resultados analíticos e experimentais

## 3. CONCLUSÕES

A ênfase do curso sobre o entendimento dos princípios básicos de funcionamento de sensores e instrumentos, procurou desenvolver nos alunos o espírito crítico.

A montagem experimental comentada pelo professor em cada prática, e realizada pelos alunos, levou a uma boa compreensão do circuito como um todo, fazendo com que todos os componentes: sensores, instrumentos, cabos de ligação, fossem entendidos como membros ativos do experimento. Procurou-se fazer desenvolver nos educandos, através das montagens, os cuidados básicos que se deve ter em engenharia experimental: alimentação dos instrumentos, acondicionamento dos sinais dos sensores, o significado físico dos sinais medidos, os erros envolvidos nas medições, interpretação e associação do sinal com o comportamento dinâmico do sistema.

Procurou-se ainda dar ênfase à calibração dos sensores: indutivos com e sem contato, extensômetros elétricos, células de carga. No caso dos sensores indutivos com e sem contato desenvolvidos no DEM, a obtenção da curva de calibração dos mesmos foi de fundamental importância para o desenvolvimento dos experimentos.

Um curso com investimento relativamente baixo em equipamento e material, conseguiu despertar nos alunos um grande interesse, motivando-os a apresentar sempre uma atitude crítica diante dos problemas de engenharia, além de mostrar a dependência e complementação de um trabalho desenvolvido por métodos analíticos e experimentais.

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.



