

# REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

VOL. 6 - Nº 2  
1º SEMESTRE 1987

je abenge a

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



00376879  
v.6. n.2. jan. 1987 PUCPR - BC

ASSOCIAÇÃO  
BRASILEIRA DE  
ENSINO DE  
ENGENHARIA



**ATRASO TECNOLÓGICO  
É VOCÊ TER QUE TIRAR O FONE DO  
GANCHO PARA DISCAR.**



Você  
perde tempo  
esperando a linha.  
Perde tempo discando.  
Perde tempo esperando o outro atender a chamada.

Você ganha esse tempo todo com o Digivox.

Com o fone no gancho, você pode teclar o número.

Ele aguarda a linha.

Ele faz a chamada.

E você só interrompe seu trabalho depois de ouvir o "alô" do outro lado.

Projetado para a empresa ganhar em eficiência, o Digivox é um sistema telefônico digital que incorporou vantagens inéditas. Ele possui um visor que permite enviar e receber mensagens escritas.

Você pode ser avisado de uma mensagem urgente quando estiver falando ao telefone.

Pode também deixar um recado no visor para alguém que não esteja na sala.

Você determina quais as mensagens e o Digivox tem 64 K bytes para memorizá-las. Outra vantagem exclusiva é que o sistema Digivox nunca fica congestionado.

Todos os ramais podem falar entre si, simultaneamente. E se você discar para um ramal ocupado, o Digivox completa a ligação automaticamente tão logo o ramal desocupe. Ele permite ainda "reuniões" de 3 telefones numa só conversa.

Ele pode memorizar, por sistema, até 169 números para discagens abreviadas.

Ele pode ser programado para transferir as chamadas para outro aparelho, quando você vai para outra sala. Ele localiza uma pessoa na empresa, chamando-a em alta voz em todos os ramais.

O Digivox pode ser usado em um determinado horário em todos os ramos. Ele tem 4 níveis de volume de áudio e relógio digital no visor. A sua instalação é fácil e em voz baixa. Você pode encontrar alguns destes benefícios em alguns telefones, mas...

Mas só o Digivox tem todos.



Telefones da Matec em todo o Brasil: São Paulo: (011) 298-2322 e 298-3322 • Santo André: (011) 454-6655 • Campinas: (019) 42-1288 • Ribeirão Preto: (016) 624-3200 • Bauru: (014) 24-3455 • Rio de Janeiro: (021) 264-6722 • Vitória: (027) 223-5888 • Porto Alegre: (051) 21-8722 • Florianópolis: (048) 22-1677 • Curitiba: (041) 232-3611 • Brasília: (061) 224-7465 • Goiânia: (062) 225-4799 • Belo Horizonte: (031) 222-0611 • Salvador: (071) 244-0433 • Curitiba: (065) 322-0992 • Fortaleza: (085) 244-1477 • Manaus: (092) 234-9308 • Belém: (091) 225-3929 • Campo Grande: (067) 382-6211

**TROQUE PELO DIGIVOX, QUE DISCA COM O FONE NO GANCHO.**

# REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

V.6 - nº 1 - 1º semestre de 1987  
ISSN-0101-5001

N. Cham.

Autor

Titulo Revista de Ensino de Engenharia



v.6, n.2, jan. 1987 PUCPR - BC 00376879

# REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

V.6 - nº 1 - 1º semestre de 1987

ISSN-0101-5001



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO  
DE ENGENHARIA - ABENGE  
Rua Bento Freitas, 178 - 3º andar - cj. 31.  
01220 - São Paulo - Brasil - Fone: (011) 222-0203

## Presidente

Paulo Alcântara Gomes

## 1º Vice-Presidente

Francisco Luiz Danna

## 2º Vice-Presidente

Marcus F. Giorgetti

## Diretor-Secretário

Antonio Braga Coscarelli

## Diretor-Financeiro

Roberto Atienza

## REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

Edição semestral da Associação Brasileira de  
Ensino de Engenharia com 4 seções: Forum  
ABENGE, Artigos, Comunicações e Cartas à Redação

## Editor Responsável

Prof. Marcus F. Giorgetti

## Editor Adjunto

Prof. Roberto Atienza

## Editor de Produção

Ivanisa Tatini

## Fotolitos/Arte

GL Gráfica Editora Lord S.A. - Rio de Janeiro

Tel: 270-6262

## Impressão

GL Gráfica Editora Lord S.A. - Rio de Janeiro

Tel: 270-6262

## Distribuição

Enviada a todos os associados da ABENGE. Os interessados  
poderão recebê-la através de assinatura ou número avulso.

## Preços

Assinatura Anual Cz\$ 50,00

Exemplar Avulso Cz\$ 25,00

## Correspondência

Prof. Marcus F. Giorgetti

Escola de Engenharia de São Carlos-USP

13560 - São Carlos, SP - Brasil

Caixa Postal 359 - Fone: (0162) 71-2234

# REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

V.6 - nº 1 - 1º semestre de 1987

ISSN-0101-5001

## CONTEÚDO/CONTENTS

NOTA EDITORIAL. EDITORIAL.....	4
PIRES, Roberto R. et alii. CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE REATOR DE LEITO FLUIDIZADO PARA USTULAÇÃO DE SULFETOS. CONSTRUCTION AND OPERATION OF A BATCH FLUIDIZED BED REACTOR FOR SULPHIDE ROASTING.....	5
ZARO, Milton Antonio et alii. PROJETO E CONSTRUÇÃO DE MANÔMETROS USANDO ESTENSÔMETROS. DESIGN AND CONSTRUCTION OF A STRAIN GAGE MANOMETER....	13
ALTAFIM, Ruy Alberto Correa. LABORATÓRIO DIDÁTICO DE ALTA TENSÃO DE BAIXO CUSTO. LOW COST TEACHING LABORATORY OF HIGH VOLTAGE.....	24
FEHR, Manfred. O BALANÇO ENERGÉTICO INDUSTRIAL NOS CURRÍCULOS DE ENGENHARIA. INDUSTRIAL ENERGY BALANCE AS PART OF THE ENGINEERING CURRICULA.....	33
GREGOLIN, José Angelo R. et alii. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOCENTE: EXPERIÊNCIA DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS DA UFSCar. TEACHER'S PERFORMANCE EVALUATION: EXPERIENCE OF THE MATERIALS ENGINEERING DEPARTMENTS AT UFSCar.....	41
MILANEZ, Luiz Fernando. CONSIDERAÇÕES SOBRE PROGRAMAS DE AVALIAÇÃO DE DOCENTES PELOS ALUNOS. CONSIDERATIONS ON STUDENT-FACULTY EVALUATIONS....	47
BASSO, Itacy Salgado. AVALIAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS DA UFSCar. O PERFIL OCUPACIONAL E A PERCEPÇÃO DO EX-ALUNO. EVALUATION OF THE MATERIALS ENGINEERING COURSE OF UFSCar. OCCUPATIONAL PROFILE AND PERCEPTION OF THE FORMER STUDENT.....	53
FERRAZ, Hermes. TECNOLOGIA E HUMANISMO. TECHNOLOGY AND HUMANISM.....	62
SPERANDIO, Carlos Augusto. A FALHA DA SEGURANÇA DO TRABALHO ESTÁ NO ENSINO? IS THE FAILURE IN WORK SAFETY DUE TO TEACHING?.....	76
WEYNE, Gastão Rúbio de Sá. O ENSINO DE PROJETOS DE INDÚSTRIAS QUÍMICAS NO "UNIVERSITY COLLEGE" DE LONDRES, INGLATERRA. UM ESTUDO COMPARATIVO COM AS CONDIÇÕES BRASILEIRAS. THE TEACHING OF CHEMICAL INDUSTRY DESIGN PROJECTS IN THE UNIVERSITY COLLEGE OF LONDON, ENGLAND. COMPARISON WITH BRAZILIAN CONDITIONS.....	85

## NOTA EDITORIAL

O ano de 1987 tem sido um ano de avaliações e de reformas. A Assembleia Nacional Constituinte tem re-avaliado o texto Constitucional do País como etapa preliminar para a sua reforma. Universidades e demais Instituições de Ensino têm discutido seus objetivos e metas e os têm confrontado com seus resultados típicos: um esforço combinado de auto-avaliação e retomada do processo de participação e desenvolvimento.

Usando um modelo bastante parecido com o modelo estabelecido pela Assembleia Nacional Constituinte, a Universidade de São Paulo iniciou o processo de reforma de seus estatutos. Sete comissões foram criadas, cada uma com doze participantes, membros do Conselho Universitário. São as seguintes as Comissões: Organização da Universidade, Carreira Docente e Regimes de Trabalho, Composição e Atribuições dos Colegiados e Chefias, Graduação, Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão de Serviços à Comunidade.

Em recente reunião da Comissão de Graduação alguns pontos muito importantes foram levantados. Eram questões de caráter geral quanto ao ensino, independentemente de área; entretanto, parecem ser aplicáveis principalmente no âmbito da educação em engenharia.

O primeiro ponto foi o reconhecimento de que os currículos estão, em geral, exageradamente inflados, exigindo, assim, uma carga horária muito elevada. Análise dos fatores históricos que levaram a esse fato, revelaram fatores os mais diversos dentre os quais destacam-se: fatores técnicos, resultantes de uma tentativa de acompanhamento do progresso técnico-científico através do aumento, sem crítica nem cortes, das cargas didáticas; e fatores político-administrativos, resultantes do desejo e/ou necessidade de crescimento dos departamentos ou grupos.

Outra constatação é o fato, decorrente do primeiro, que no binômio ensino/aprendizagem dá-se muita ênfase ao chamado ensino, ou seja, ao processo unidirecional de transferência de conhecimento em sala de aula, e pouca ênfase à atividade individual ou grupal de busca e aquisição do conhecimento através da pesquisa, do trabalho orientado e do estudo. Como resultante final disso tudo, a educação tem se tornado muito centrada na informação e conseqüentemente, afastada da formação. Será que isso é bom para uma nação que deseja trilhar com agilidade os caminhos do desenvolvimento? Será que seus recursos humanos que, para tanto, precisarão ser bem formados, criativos, dinâmicos, não estão sendo condenados a um papel estático e cartorial?

Fica a preocupação como mais um tema para o ano das avaliações e das reformas. A Revista de Ensino de Engenharia convida seus leitores a manifestarem-se maciçamente sobre essas questões. Em função dessas respostas promete equacionar o Fórum ABENGE do próximo número.

A DIRETORIA

CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE REATOR DE LEITO FLUIDIZADO  
PARA USTULAÇÃO DE SULFETOS

Roberto R. Pires \*  
Solange G. Amaral \*\*  
Jaime A. Solari \*\*\*

PIRES, Roberto R. et alii. Construção e Operação de Reator de Leito Fluidizado para Ustulação de Sulfetos. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 5-12, 1º sem. 1987.

Neste trabalho descreve-se a construção e operação de um reator de leito fluidizado em laboratório em regime descontínuo para fins didáticos e de pesquisa. O sistema de fluidização é composto de forno de pré-aquecimento do ar de fluidização, forno de aquecimento do reator de fluidização, resfriador dos gases de saída, ciclone despoeirador e tratamento de dióxido de enxofre nos gases de saída. Apresentam-se resultados experimentais de ustulação de sulfetos obtidos com concentrado de cobre da mina de Camaquã, RS. Nestes estudos se caracterizou o efeito dos parâmetros do sistema de leito fluidizado sobre a eficiência das reações de ustulação.

Leito Fluidizado. Ustulação. Sulfetos. Metalurgia extrativa.

PIRES, Roberto R. et alii. Construction and Operation of a Batch Fluidized Bed Reactor for Sulphide Roasting. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 5-12, 1st. sem. 1987.

This paper describes the construction and operation of a batch fluidized bed reactor for use in lab teaching and research. The system is composed of a furnace for pre-heating the fluidization gas, a heating furnace for the fluidization reactor, a cooler for the exit gases, dedust cycloning and sulphur dioxide treatment. Experimental results are presented for sulphide roasting using copper concentrate from Camaquã mine, RS. The effect of various parameters of the fluid-bed system on the efficiency of the roasting reactions was characterized.

Fluidized bed. Roasting. Sulphides. Extractive metallurgy.

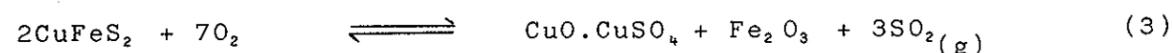
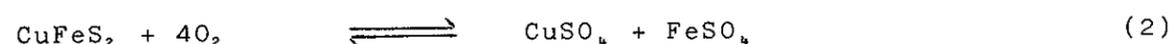
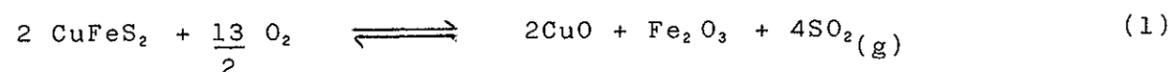
\* Estagiário do Deptº de Metalurgia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

\*\* Engenheiro do Deptº de Metalurgia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

\*\*\* Professor do Deptº de Metalurgia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

## 1 INTRODUÇÃO

Ustulação é um processo pirometalúrgico que objetiva modificar as características químicas do material que é alimentado à operação de extração. Quando se trata de um sulfeto, o objetivo do processo é a redução do teor de enxofre e a transformação (total ou parcial) do sulfeto em óxido ou sulfato (ou oxissulfato). A transformação química ocorre mediante reação do enxofre com oxigênio do ar. Assim, por exemplo, para o mineral calcopirita podem ocorrer as seguintes reações:



A temperatura da reação determina qual o produto da ustulação. Estas reações podem ser modeladas para várias temperaturas, em função das pressões parciais de oxigênio e dióxido de enxofre, para prever a temperatura de formação de um determinado produto. Esta modelação permite construir diagramas de predominância de espécies conhecidas como diagramas de Kellogg (1). Estes diagramas podem ser facilmente construídos para várias temperaturas por técnicos de micro-computação (2). Na presença de outros minerais, pode-se também calcular a temperatura para formação seletiva de um tipo de produto i.e. sulfato de cobre (solúvel) e óxido de ferro (insolúvel).

A ustulação de sulfetos tem amplo uso como processo pré-extrativo em operações de tipo piro e hidrometalúrgico. Operacionalmente, os reatores mais utilizados são os de leito fluidizado. Este tipo de reator apresenta várias vantagens em relação a reatores de leito fixo como maior uniformidade na operação, maiores taxas de reações e de transferência de calor, maiores facilidades para controle instrumental, e maior flexibilidade quanto às características da alimentação.

Reatores de leito fluidizado, além da ustulação de sulfetos, tem utilização em processos de calcinação, cloretação, secagem de minérios e concentrados, combustão e gaseificação de carvões, e tratamento térmico, entre outros. Revisões dos fundamentos teóricos e da prática deste processo aparecem nas referências (3-4).

Vista a ampla aplicação deste processo e o nosso interesse em ustulação de sulfetos, decidiu-se construir um reator de leito fluidizado descontinuo para aplicação em aulas práticas, pesquisa, e uso geral do De-

partamento de Metalurgia da UFRGS.

## 2 PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1 EQUIPAMENTO

O reator de leito fluidizado e seus sistemas auxiliares mostram-se na Figura 1. O reator é um tubo sem costura de aço inox 316 (sem expansão superior) de 104 mm de diâmetro interno, 4 mm de espessura e 600 mm de altura medida desde o difusor. No tubo inferior se encontra o distribuidor de ar que é do mesmo material e tem 300 mm de altura. O distribuidor de ar é conectado à câmara de fluidização por flanges e para evitar vazamentos usou-se juntas de asbesto grafitado. O difusor é constituído de duas chapas de aço inox com furos de 0,5 mm, espaçados 1 mm, com uma fina camada de lã de vidro entre elas para impedir a passagem de material.

O reator é aquecido por um forno elétrico tubular de 4kw, com resistência Kanthal DSI de 2,590 mm de diâmetro, em espiral de diâmetro 16,20 mm montado em canais verticais num suporte refratário alumino-silicoso. O material isolante é constituído de mantas fiberfrax da Carborundum. As dimensões do forno são 600 mm de diâmetro, 600 mm de altura e diâmetro interno de aquecimento de 180 mm. A temperatura é regulada por um controlador de temperatura acoplado a um termopar de cromel-alumel tipo K com isolamento mineral marca Engro. O sistema tem uma velocidade de aquecimento que permite atingir 800°C em uma hora e meia.

O ar de fluidização é fornecido por um compressor Schultz de 60 litros e a vazão é controlada por rotâmetro na faixa 28-325l/min. O gás pode ser pré-aquecido num trocador de calor aquecido por forno horizontal elétrico de 4kw. Nitrogênio (ou outro gás) pode ser injetado para mistura com o ar de fluidização prévio ao pré-aquecimento.

Os gases produto da ustulação são resfriados num trocador de calor e as partículas finas são coletadas num ciclone de aço inox de 50 mm de diâmetro de tipo Stairmond de 98% de eficiência (determinada experimentalmente). Os gases são posteriormente tratados numa solução de 50% hidróxido de sódio para absorção do SO<sub>2</sub> após o qual são lançados à atmosfera.

O reator conta ainda com uma versão em acrílico que foi utilizada para levantamento dos parâmetros de fluidização. A temperatura foi regulada por controladores de temperatura acoplados a termopares cromel-alumel. A diferença de pressão ( $\Delta p$ ) no leito foi medida mediante manômetro diferencial conectado à câmara de distribuição e fluidização sendo subtraída a perda de carga no difusor.

Cabe assinalar que o projeto, dimensionamento e construção dos vários sistemas (reatores, fornos, tratamento dos gases, ciclone, trocadores de calor, etc.) foram feitos nas instalações do Departamento de Metalurgia da UFRGS.

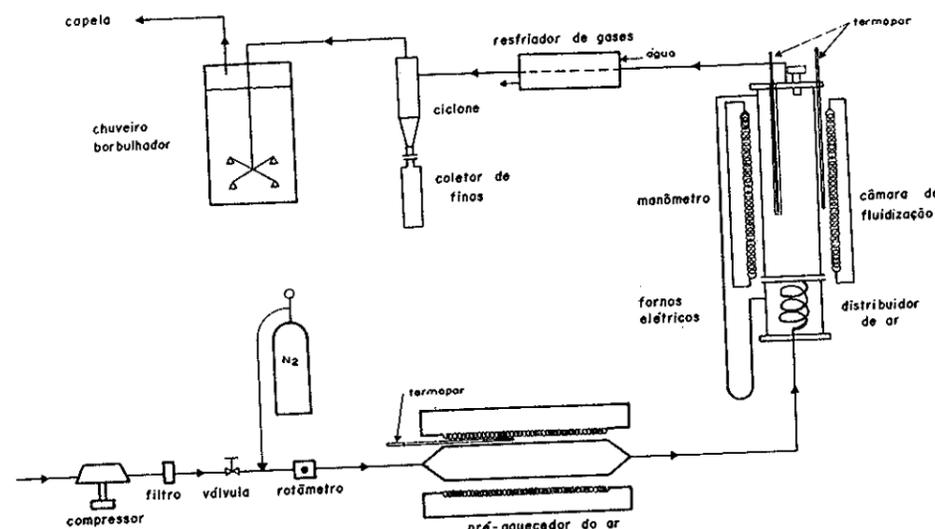


Figura 1 - Diagrama Esquemático de Ustulação em Reator de Leito Fluidizado

## 2.2 MÉTODOS

Os estudos de ustulação foram feitos com amostra de concentrado de cobre da mina de Camaquã, RS. Esta amostra analisava 25% de cobre e 25,4% enxofre. Para a ustulação foi usada amostra seca e classificada entre 60 e 150 malhas Tyler (250 e 105  $\mu\text{m}$ ).

Os testes de ustulação foram feitos segundo o roteiro descrito a seguir. Em primeiro lugar, ligou-se os fornos elétricos nas temperaturas desejadas. Em seguida, ligou-se o sistema de alimentação de ar com a vazão a ser usada. Ligou-se então a água do resfriador de gases e partículas. Quando houve estabilização da temperatura do reator, fechou-se a passagem de ar e carregou-se 400 g do concentrado pelo orifício no topo do reator. Depois disto, alimentou-se o ar e fez-se medidas de queda de pressão e da temperatura do leito a cada dois minutos. O registrador permitiu o acompanhamento da temperatura do leito constantemente. No final do teste, fechou-se o sistema de alimentação de ar e desligou-se os fornos. Ligou-se a bomba de vácuo (OMEL, 3 HP) e o concentrado foi retirado do reator por sucção ficando retido num kitasato. Coletou-se também os filtros arrastados na corrente de gases que ficaram retidos no ciclone. Os produtos foram então pesados e retirou-se amostras para análise química. O teor de enxofre foi determinado num aparelho Lecco do Laboratório de Análise Metalúrgica do DEMET.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 ESTUDOS DE CARACTERIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Foram realizados estudos preliminares para determinar o comportamento dos vários sistemas auxiliares do reator. Assim, por exemplo, na Figura 2 se apresenta o efeito da vazão de ar de fluidização sobre a temperatura de pré-aquecimento do gás. Este efeito também foi levantado para o forno vertical (resultados completos na ref. 5).

Levantar a curva de fluidização do concentrado a quente é importante para determinar os limites dos regimes de fluidização e transporte. Porém como este material sofre uma reação química na temperatura de estudo, decidiu-se utilizar quartzo como material padrão. Inicialmente levantaram-se as curvas de fluidização a frio do concentrado e do quartzo (Figura 3). Constatando-se que ambas eram semelhantes, realizou-se o teste "a quente" com quartzo. Na mesma Figura 3 pode ser verificado que para velocidades superficiais maiores do que  $8 \text{ cm.s}^{-1}$  (equivalente a  $20,8 \text{ cm.s}^{-1}$  a temperatura ambiente) começa a ocorrer transporte do material e portanto se escolheu uma velocidade superficial de trabalho de  $7,2 \text{ cm.s}^{-1}$ .

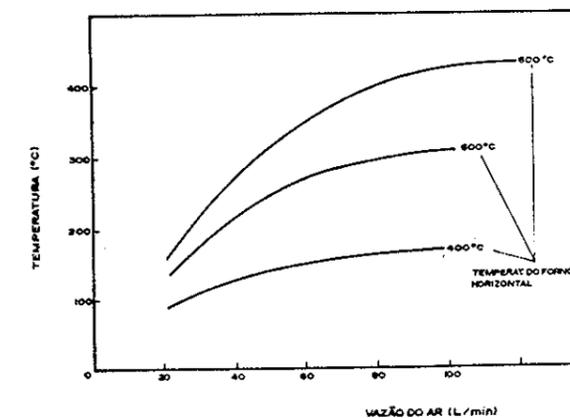


Figura 2 - Variação da temperatura de pré-aquecimento em função da vazão de ar.

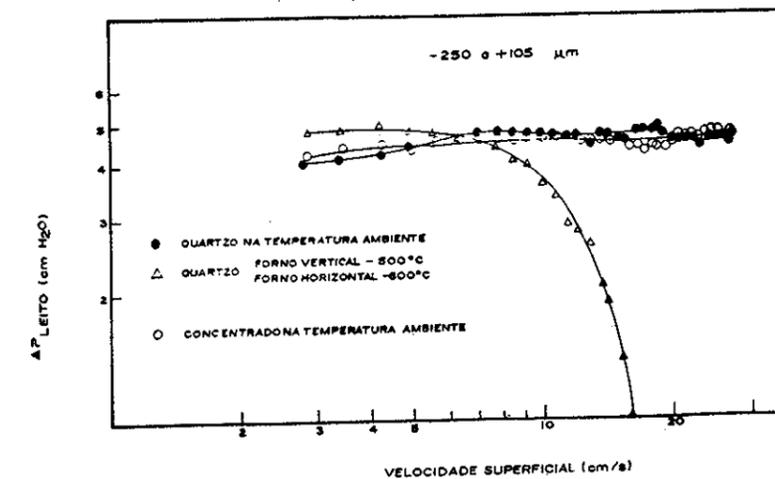


Figura 3 - Curvas de Fluidização do concentrado de cobre e quartzo.

3.2 ESTUDOS DE USTULAÇÃO

Na Figura 4 se mostra a variação da temperatura do reator com o tempo de reação. Pode-se observar que para uma temperatura do forno vertical de 500°C ocorre reação e o caráter exotérmico desta eleva a temperatura no reator até 800°C, estabilizando-se após 30 minutos. Esta tendência correlaciona com o teor de enxofre no produto ustulado o qual permanece constante após 30 minutos em 2,4% enxofre total. Análise deste material revelou que o teor de enxofre como sulfeto era de 1%, o balanço correspondendo a enxofre sulfático.

A outra curva na Figura 4 mostra o caso quando não ocorre reação devido a temperatura não atingir o ponto de ignição do concentrado. Esta temperatura foi determinada experimentalmente variando lentamente a temperatura no forno vertical até detectar o pico exotérmico da reação de ustulação. O valor obtido para a temperatura de ignição no reator foi de 340°C.

O efeito da variação da temperatura do forno vertical sobre o teor de S total e como sulfeto se apresenta na Figura 5. Nota-se que acima de 550°C ocorre pouca variação no teor de enxofre total do ustulado ( $\approx 1,7\%$ ). Estes valores indicam que o reator pode produzir amostras de teor de enxofre controladas mediante ajuste da temperatura do forno vertical. Outra forma de produzir amostras de teor variável de enxofre é variando a velocidade superficial (i.e. vazão) do gás de fluidização (vide Figura 6).

O controle do pico exotérmico nas curvas temperatura versus tempo (Figura 4) é importante, pois o tipo de produto que se obtém na ustulação é função da temperatura. Assim, a produção de sulfato requer uma temperatura no reator inferior a 550°C. O problema de realizar ustulação descontínua à temperatura constante foi resolvido mediante injeção de nitrogênio no gás de fluidização. Na Figura 7 se apresentam os resultados. Pode-se observar que para quantidades menores do que 8,4% de O<sub>2</sub> no gás de fluidização a reação de ustulação ocorre à temperatura constante. Os teores de enxofre finais do produto indicam que este está provavelmente fixado como sulfato nos testes realizados com 8,4 e 4,2% de O<sub>2</sub>.

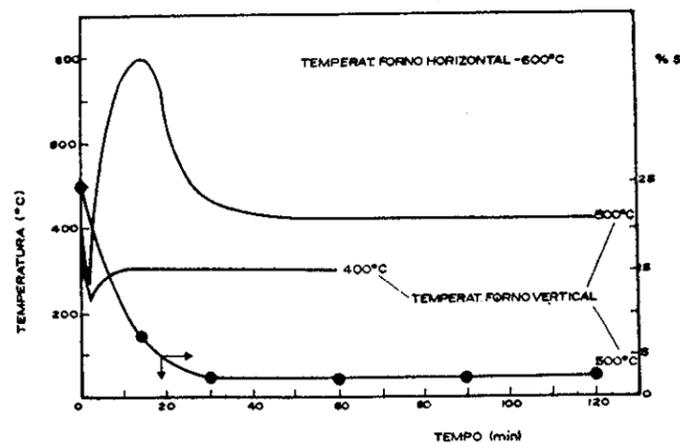


Figura 4 - Variação da temperatura no reator e o teor de S no ustulado com o tempo de reação.

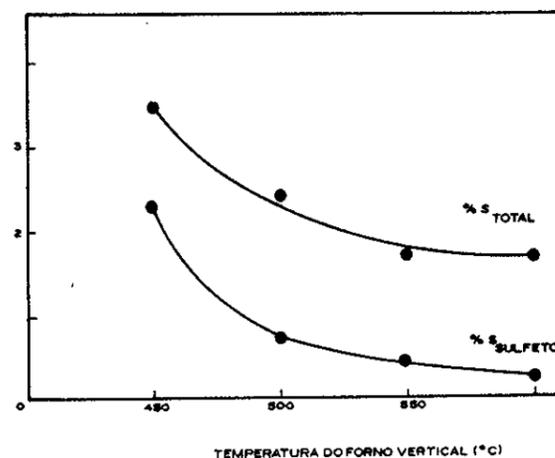


Figura 5 - Variação do teor de S do ustulado com a temperatura do forno vertical.

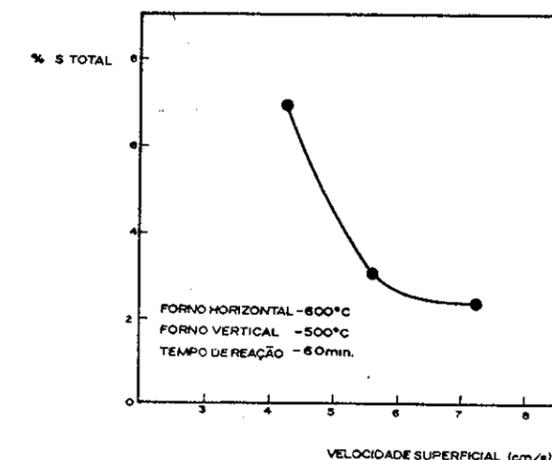


Figura 6 - Variação do teor de S do produto com a velocidade do ar.

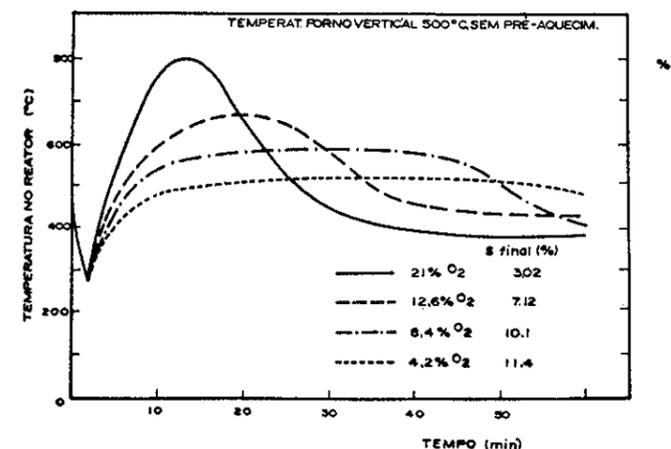


Figura 7 - Variação na temperatura no reator com o tempo de reação em função do teor de O<sub>2</sub> no gás de fluidização.

Outros testes realizados indicaram que é possível ustular amostras úmidas, sem perda de eficiência quanto ao teor de enxofre residual. A quantidade média de finos retido no ciclone não ultrapassou 5% da massa original carregada no reator. O monitoramento da queda de pressão ( $\Delta p$ ) no leito com o tempo de reação indicou uma diminuição de menos de 10% do valor inicial, a qual se deve provavelmente à perda de peso devida à eliminação do enxofre.

#### 4 CONCLUSÕES

Dos resultados apresentados podem-se extrair as seguintes conclusões:

- Dispõe-se de um reator de leito fluidizado instrumentado com capacidade de operação de até 800°C.
- Testes de ustulação do concentrado de cobre de Camaquã, RS, mostraram que o reator pode produzir materiais de teor variável de enxofre mediante ajuste das condições experimentais.
- A remoção do enxofre dependeu da temperatura no reator, da velocidade superficial e da concentração de oxigênio no gás de fluidização.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Este projeto foi executado com verba do convênio "Metais Puros" (FINEP/UFRGS Nº 52.820712/00) e do CNPq (Proc. Nº 40.2490/81). Os autores agradecem a Carlos P. Bergmann pela construção dos fornos elétricos, e a Sônia Bencke e Marlova G. dos Santos pela sua participação na fase inicial deste projeto. À Companhia Brasileira de Cobre (CBC) pela gentileza no fornecimento das amostras de concentrado.

#### BIBLIOGRAFIA

- BISWAS, A. K. & DAVENPORT W. E. "Extractive Metallurgy of Copper". Pergamon Press, London, 1976, p. 67.
- SCHNEIDER, C. L. & SOLARI, J. A. In: Anais 41º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metais, São Paulo, novembro, 1986.
- MARCELLO, J. M. & GOMEZPLATA, A. Gás-Solids Handling in The Processes Industries. New York, 1976.
- KUNII, D. & LEVENSPIEL, O. Fluidization Engineering. New York, 1976.
- PIRES, R. R. Relatório de Estágio Supervisionado DEMET/UFRGS, 1985, 41 p.

## PROJETO E CONSTRUÇÃO DE MANÔMETROS USANDO ESTENSÔMETROS

Milton Antonio Zaro \*  
Rosa Leamar Dias Blanco \*  
Dari Antonioli \*  
Cesar Paz \*

ZARO, Milton Antonio et alii. Projeto e Construção de Manômetros usando Estensômetros. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 13-23, 1º sem. 1987.

Este artigo apresenta os detalhes do projeto e construção de um manômetro tipo membrana, projetado para medições na faixa de 0 a 180 atm. Este manômetro pode ser usado em medições estáticas e em certas medições dinâmicas com uma imprecisão na ordem de 0,5%.

Manometria. Estensômetros. Medição de Pressão.

ZARO, Milton Antonio et alii. Design and Construction of a Strain Gage Manometer. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 13-23, 1st. sem. 1987.

A complete detailed mechanical design of a strain gage manometer type, is presented. The manometer is a membrane type, and was designed for measurements from 0 up to 18 x 10 N/m (~180 atm) capacity. It can be used in static and some dynamical measurements, with an accuracy of 0,5%.

Manometry. Strain Gage. Pressure Gage.

#### 1 INTRODUÇÃO

A maioria dos laboratórios existentes nas universidades brasileiras, ligados à área de ensaios mecânicos e conformação mecânica, possui equipamentos provenientes do leste europeu, equipamento este que, sob diversos aspectos, está completamente ultrapassado. Isto não significa, entre

\* Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS/DEMEC.

tanto, que devam ser completamente abandonados. Muitas destas máquinas podem ser "instrumentadas" através de transdutores elétricos ou eletrônicos. As máquinas universais de ensaio (tração, compressão, dobramento, flexão...), por exemplo, possuem sistemas de medição de força e deformação (a deformação, em certos casos, é medida através de diversos braços de alavanca) que, normalmente, implicam em dados muito imprecisos, principalmente quando as deformações medidas são relativamente pequenas, além de possuírem uma inércia muito grande.

Muitas das indústrias possuem também, máquinas antigas que poderiam ser modernizadas, possibilitando, inclusive, em alguns casos, controle do processo. Uma maneira de modernizar máquinas deste tipo seria adaptar transdutores à base de extensômetros para medição de força e sistemas indutivos para a medida de deformação (ou sistemas tipo "clip gage", também confeccionados com extensômetros); qualquer um destes transdutores pode ser conectado a um circuito tipo "ponte amplificadora", que pode possuir saída direta digital (permitindo que a força e a deformação sejam lidas diretamente) ou saída analógica para registro, o que permitiria, por exemplo, registrar diretamente os sinais de força e deformação, obtendo-se no registrador o gráfico "força vs deformação".

O projeto e a construção de células de carga "clip gages", manômetros, bem como do sistema de detecção (ponte amplificadora), é tecnologia relativamente recente no Brasil, e o número de fabricantes é bastante restrito.

O Laboratório de Instrumentação do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) vem desenvolvendo estes transdutores há cerca de 8 anos, no sentido de modernizar os equipamentos existentes, principalmente no Laboratório de Ensaios Mecânicos.

A seguir, apresentam-se todos os passos seguidos no projeto, construção e calibração de um manômetro à base de extensômetros, que foi adaptado à máquina universal de ensaios ZD-10. Optou-se por um manômetro, para funcionar como célula de carga, tendo em vista que a máquina possui acionamento hidráulico, de fácil acesso.

## 2 PROJETO MECÂNICO DO MANÔMETRO

A Figura 1 apresenta, esquematicamente, o desenho das partes principais do manômetro.

A parte A constitui a tampa superior do manômetro, onde são colocados os extensômetros; a parte B é o corpo da célula de carga e a parte C é a tampa inferior, com um furo central para entrada de óleo.

### 2.1 TAMPA SUPERIOR

A tampa superior (parte A da Figura 1) é uma placa circular de raio  $a$  e espessura  $h_1$ , engastada nas bordas e que sofre uma força distribuí-

da simetricamente. Ao sofrer uma pressão  $P$ , a placa deforma-se de tal maneira que haja um deslocamento  $w$ , conforme mostra a Figura 2.

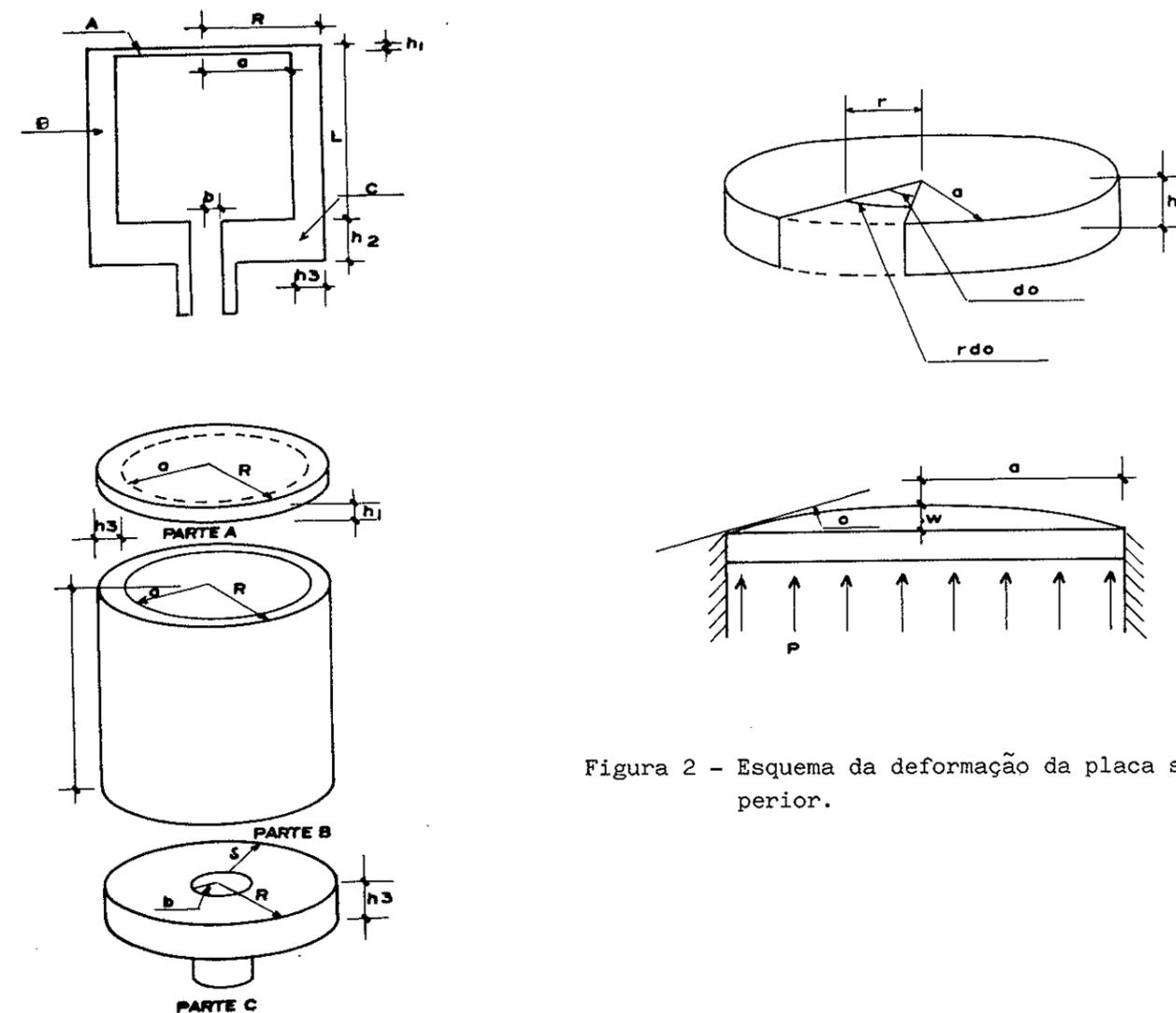


Figura 2 - Esquema da deformação da placa superior.

Figura 1 - Partes do manômetro

Pela teoria da placa circular engastada nos bordos e com carga simetricamente distribuída, tem-se:

$$\theta = \frac{1}{Dr} \int (r \int Q dr) dr + C_1 r + \frac{C_2}{r} \quad (1)$$

A rigidez da placa,  $D$ , é dada por:

$$D = \frac{E h_1^3}{12(1-\nu^2)} \quad (2)$$

onde  $E$  é o módulo de elasticidade do material,  $h_1$  é a espessura da placa e  $\nu$  é o coeficiente de Poisson.

Na equação (1),  $Q$  representa o módulo da força por unidade de comprimento do arco e  $C_1$  e  $C_2$  são constantes determinadas a partir das condições de contorno. No caso em estudo, tem-se que  $Q = Pr/2$  e as condições de contorno são:

- 1) para  $r = 0$ ,  $\theta = 0$
- 2) para  $r = a$ ,  $\theta = 0$
- 3) para  $r = a$ ,  $w = - \int \theta dr = 0$

Resolvendo a equação (1) e impondo as condições (3), vem:

$$\theta = \frac{P}{16D} (a^2 r - r^3) \quad (4)$$

Os momentos radial e tangencial são dados por:

$$M_r = D \left( \frac{d\theta}{dr} + \nu \frac{\theta}{r} \right) \quad (5)$$

$$M_t = D \left( \frac{\theta}{r} + \nu \frac{d\theta}{dr} \right)$$

Assim, utilizando as equações (4) e (5), obtém-se:

$$M_r = \frac{P}{16} [a^2 (1 + \nu) - r^2 (3 + \nu)] \quad (6)$$

$$M_t = \frac{P}{16} [a^2 (1 + \nu) - r^2 (1 + 3\nu)]$$

As tensões radial e tangencial são dadas por:

$$\sigma_r = \frac{3}{8} \frac{P}{h_1^2} [a^2 (1 + \nu) - r^2 (3 + \nu)] \quad (7)$$

$$\sigma_t = \frac{3}{8} \frac{P}{h_1^2} [a^2 (1 + \nu) - r^2 (1 + 3\nu)]$$

As tensões radial e tangencial máximas no ponto  $r = 0$  são:

$$\sigma_r = \sigma_t = \frac{3}{8} \frac{P}{h_1^2} a^2 (1 + \nu) \quad (8)$$

e para  $r = a$

$$\sigma_r = - \frac{3}{4} \frac{Pa^2}{h_1^2} \quad (9)$$

$$\sigma_t = - \frac{3}{4} \nu \frac{Pa^2}{h_1^2}$$

A Figura 3 mostra o gráfico das tensões em função de  $r$ , na tampa superior.

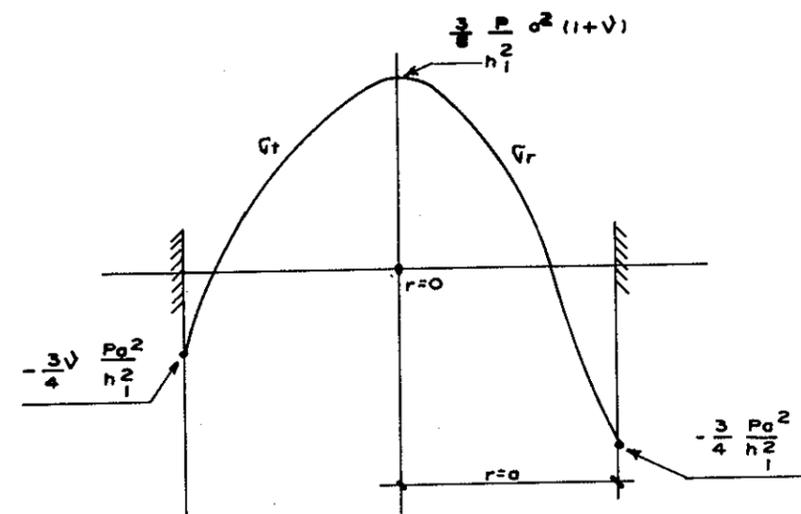


Figura 3 - Distribuição das tensões ao longo da placa superior

Pela teoria de Guest, aplicada aos pontos  $r = 0$  e  $r = a$ , encontra-se a relação entre  $a$  e  $h_1$  conveniente ao projeto em questão.

## 2.2 TAMPA INFERIOR

Neste caso tem-se uma placa circular (parte C da Figura 1), de raio  $R$  e espessura  $h_2$ , apoiada nos bordos e com furo central de raio  $b$ .

Desta forma, a equação (1) fica:

$$\theta = - \frac{P}{16D} [r^3 + 2rb^2 (1 - 2 \ln r)] + C_1 r + \frac{C_2}{r} \quad (10)$$

As condições de contorno são:

- 1) para  $r = R$ ,  $w = - \int \theta dr = 0$
- 2) para  $r = R$ ,  $M_r = 0$
- 3) para  $r = b$ ,  $M_r = 0$

Aplicando-se as condições de contorno (11) na equação (10), obtém-se:

$$C_1 = \frac{b^2 A - R^2 C}{R^2 (1 + \nu) - b^2 (1 + \nu)} \quad (12)$$

$$C_2 = \frac{R^2}{(1 - \nu)} C + \frac{(b^2 A - R^2 C)}{(R^2 - b^2)} \quad (13)$$

onde,

$$A = -\frac{P}{16D} [b^2 (1 + 3\nu) - 4b^2 (1 + \nu) \ln b] \quad (14)$$

$$C = -\frac{P}{16D} [R^2 (3 + \nu) - 2b^2 (1 - \nu) - 4b^2 (1 + \ln R)] \quad (15)$$

Os momentos  $M_r$  e  $M_t$  são calculados a partir das expressões (5) e os valores  $\sigma_r$  e  $\sigma_t$ , a partir dos valores obtidos para  $M_r$  e  $M_t$ .

A relação entre  $R$  e  $h_2$ , também neste caso, foi determinada pela teoria de Guest.

### 2.3 CORPO DE CÉLULA DE CARGA

O corpo de célula de carga pode ser considerado como um cilindro de paredes grossas, de espessura  $h_1$  e raio externo  $R$ , submetido a uma pressão interna  $P$ .

Neste caso, considerou-se que o cilindro é suficientemente longo (isto é,  $R \ll L$ ), tal que a tensão ao longo do eixo longitudinal esteja distribuída uniformemente na secção transversal e que a influência restritiva da tampa inferior sobre os deslocamentos radiais seja muito pequena.

Para este caso, pode-se supor as seguintes condições de contorno:

- 1) que não há força na direção axial ( $z$ ), tal que  $\sigma_z$  é igual a zero.
- 2) a tensão longitudinal é de tração e a radial de compressão.

Aplicando a teoria de Guest, obtém-se:

$$\sigma_t|_{r=R} = P \frac{(a^2 + R^2)}{R^2 - a^2} \quad (16)$$

$$\sigma_r|_{r=R} = -P \quad (17)$$

$$\sigma_t - \sigma_r = P \frac{2 \cdot a^2}{R^2 - a^2} \quad (18)$$

onde,

$$R = a \sqrt{\frac{(1 + \frac{\sigma_e}{P|S})}{(1 - \frac{\sigma_e}{P|S})}} \quad (19)$$

sendo  $\sigma_e$ , a tensão de escoamento do material,  $S$  o coeficiente de segurança,  $R$  é o raio externo do cilindro e " $a$ " é o seu raio interno.

### 3 DIMENSIONAMENTO DO MANÔMETRO

Para a construção do manômetro foi usado o aço SAE 4340 temperado e

revenido ( $\sigma_e \approx 1,47 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ ) com  $E = 2,06 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ . A pressão interna  $P$  é de  $1,76 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , que corresponde à força máxima permitida na máquina, a qual é de  $9,80 \times 10^4 \text{ N}$ .

#### 3.1 TAMPA SUPERIOR

Considerando-se um coeficiente de segurança  $S=2$ , a equação (9) e a teoria de Guest, obtém-se, para  $r = a$ :

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= -P \\ \sigma_t = \sigma_2 &= -\frac{3}{4} \frac{Pa^2}{h_1^2} \\ \sigma_r = \sigma_3 &= -\frac{3}{4} \frac{Pa^2}{h_1^2} \end{aligned} \quad (20)$$

Como

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{\sigma_e}{S} \quad (21)$$

Substituindo os valores em (20) e (21), vem:

$$\frac{a}{h_1} = 7,54 \quad (22)$$

Neste projeto, utilizou-se  $a = 3,0 \times 10^{-2} \text{ m}$ ; logo, pela equação (22), segue:

$$h_1 \approx 4,0 \times 10^{-3} \text{ m} \quad (23)$$

#### 3.2 TAMPA INFERIOR

Considerou-se um coeficiente de segurança de  $S = 6,3$  e um furo central de diâmetro  $8,0 \times 10^{-3} \text{ m}$ . Usando a teoria da placa apoiada nos bordos (equações (5), (10), (12), (13), (14) e (15) e a teoria de Guest, obtém-se, para  $b = 4,0 \times 10^{-3} \text{ m}$ :

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= 0 \\ \sigma_2 &= -P \\ \sigma_1 = \sigma_2 &= -\frac{6276,7}{h_2^2} \end{aligned} \quad (24)$$

Utilizando as relações (21) e (24), encontra-se para espessura da tampa inferior:

$$h_2 = 1,7 \times 10^{-2} \text{ m} \quad (25)$$

## 3.3 CILINDRO

Usando a expressão (19) para um coeficiente de segurança  $S = 34$ , tem-se:

$$a = 3,0 \times 10^{-2} \text{ m} \quad (26)$$

$$R = 4,6 \times 10^{-2} \text{ m}$$

e a espessura do cilindro é:

$$h_3 = 1,6 \times 10^{-2} \text{ m} \quad (27)$$

A fixação da tampa inferior foi feita com 20 parafusos M8 x 1,5, dimensionados em função da tensão de escoamento do material dos mesmos, bem como do seu diâmetro, comprimento e número de espiras.

## 4 POSICIONAMENTO E LIGAÇÃO DOS ESTENSÔMETROS

Foram utilizados 4 estensômetros ( $SG_1$ ,  $SG_2$ ,  $SG_3$  e  $SG_4$ ) da Kyowa de grade  $2,0 \times 10^{-3} \text{ m}$ , comprimento  $5,0 \times 10^{-3} \text{ m}$ ,  $R = 120\Omega \pm 0,3\%$  e  $K = 2$ . Os referidos sensores foram colados nos pontos de máximas tensões radiais e transversal. Na Figura 4, tem-se um esquema dos estensômetros distribuídos sobre a placa superior, bem como do circuito tipo "ponte" utilizado.

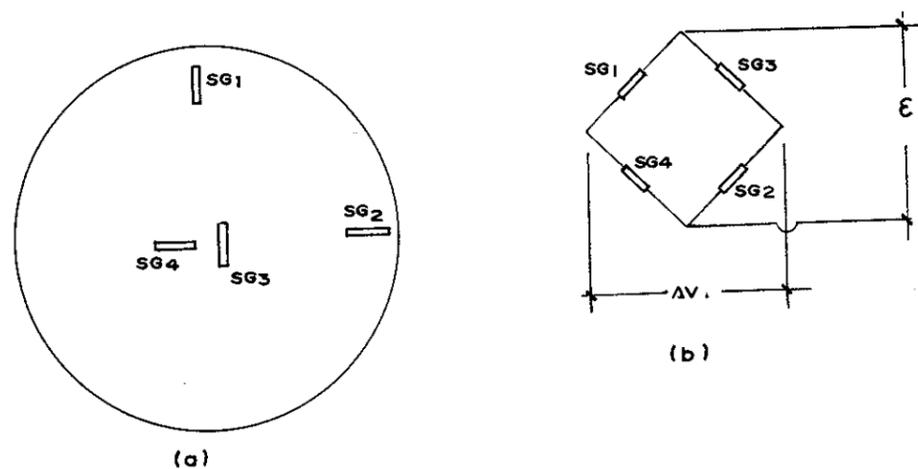


Figura 4 - (a) Posição dos estensômetros na placa superior  
(b) Ligação no circuito tipo ponte

Analisando o esquema da Figura 4, pode-se mostrar que:

$$\Delta V = \frac{\left( \frac{R_2}{R_3} - \frac{R_4}{R_1} \right)}{\left( 1 + \frac{R_4}{R_1} \right) \left( 1 + \frac{R_2}{R_3} \right)} \epsilon \quad (28)$$

onde  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , e  $R_4$  são as resistências elétricas de cada estensôme-

tro,  $\epsilon$  é a alimentação e  $\Delta V$  o sinal de desbalanço.

Supondo todos os resistores iguais, isto é,  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ , e que  $R_1$  e  $R_2$  sofrem uma variação de  $-\Delta R'$  e também que  $R_3$  e  $R_4$  sofrem uma variação de  $\Delta R$ , pode-se mostrar que a relação (28) fica:

$$\Delta V = - \frac{\epsilon}{2} \left( \frac{\Delta R'}{R} + \frac{\Delta R}{R} \right) \left( 1 - \frac{\Delta R}{2R} - \frac{\Delta R'}{2R} \right) \quad (29)$$

A equação (29) pode ser escrita da seguinte forma:

$$\Delta V \approx - \frac{\epsilon}{2} \left( \frac{\Delta R'}{R} + \frac{\Delta R}{R} \right) \quad (30)$$

## 5 RESULTADOS ENCONTRADOS

O manômetro foi adaptado à máquina, conforme mostra o esquema da Figura 5, e calibrado com anéis dinamométricos padrões (marca WAZAU, 0,1%). A Tabela 1 mostra os dados obtidos na calibração e a Figura 6 mostra a linearidade do sinal.

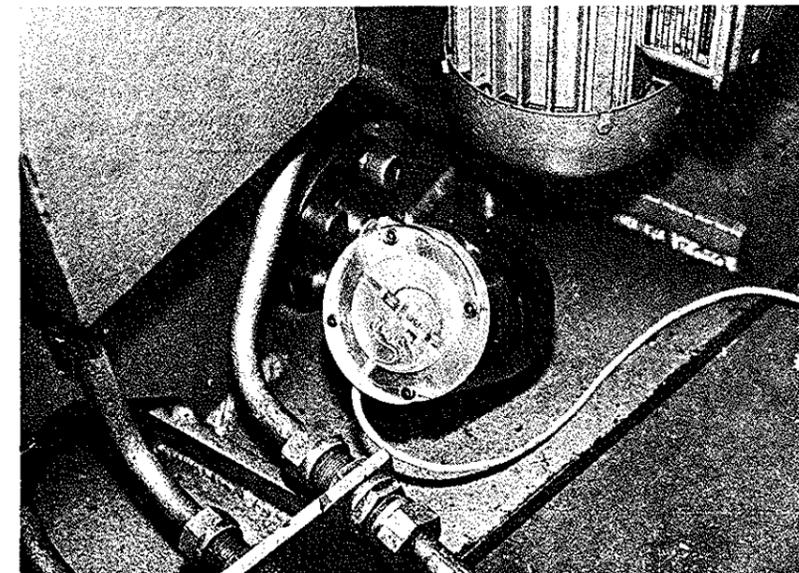


Figura 5 - Adaptação do manômetro na máquina

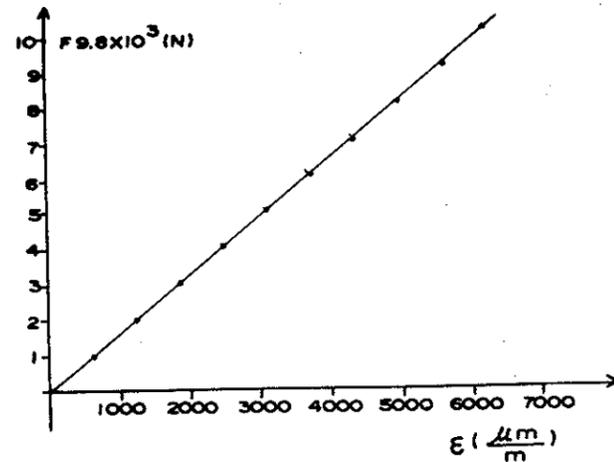


Figura 6 - Gráfico da calibração força vs deformação

Tabela 1 - Dados obtidos na calibração

F x 9,8 (N)	μm/m
1.000	622
2.000	1.240
3.000	1.824
4.000	1.432
5.000	3.040
6.000	3.668
7.000	4.278
8.000	4.884
9.000	5.484
10.000	6.058

## 6 CONCLUSÕES

Pelos dados de calibração da máquina, para  $9,8 \times 10^4 \text{ N}$ , o manômetro sofre uma deformação de  $6.058 \mu\text{m/m}$ , conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

Analisando a posição e a ligação dos extensômetros, observa-se que a deformação total dos mesmos é a soma das deformações sofridas em cada um deles. Assim,

$$\epsilon_T = \epsilon_{SG_1} + \epsilon_{SG_2} + \epsilon_{SG_3} + \epsilon_{SG_4} \quad (31)$$

As deformações estão relacionadas com as tensões através das relações

$$\epsilon_r = \frac{1}{E} (\sigma_r - \nu \sigma_t) \quad (32)$$

$$\epsilon_t = \frac{1}{E} (\sigma_t - \nu \sigma_r)$$

onde  $\epsilon_r$  é a deformação radial e  $\epsilon_t$  a deformação tangencial.

Deve-se, portanto, calcular a deformação em cada extensômetro, utilizando as equações (7) e (32). No caso,  $P = 1,76 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ ,  $E = 2,06 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ ,  $a = 3,0 \times 10^{-2} \text{ m}$  e  $h_1 = 4,0 \times 10^{-3} \text{ m}$ .

Do modo como foram colados, considera-se as deformações radiais dos extensômetros 1, 2 e 4 e a deformação tangencial do extensômetro 3.

A Tabela 2 mostra os dados relativos aos diferentes extensômetros.

Tabela 2 - Dados sobre os extensômetros

extensômetro	$r \times 10^{-3} \text{ (m)}$	$(\mu\text{m/m})$
1	23,0	1.188 ( $\epsilon_r$ )
2	26,0	1.950 ( $\epsilon_r$ )
3	2,0	1.549 ( $\epsilon_t$ )
4	4,0	1.473 ( $\epsilon_r$ )

Introduzindo estes valores na relação (31), tem-se:

$$\epsilon_T \approx 6.160 \mu\text{m/m}$$

Comparando este valor com o encontrado na prática, para  $9,8 \times 10^4 \text{ N}$ , observa-se que há uma diferença de aproximadamente 2%, o que demonstra que as teorias empregadas, bem como as aproximações feitas ao longo do projeto, são válidas.

## BIBLIOGRAFIA

NASH, W. A. Resistência dos Materiais, McGraw-Hill do Brasil, 2ª edição, São Paulo, 1982.

FEODOSIEV, V. I. Resistência de Materiais, Editorial MIR, Moscou, 1980.

TIMOSHENKO, S. P. Resistência dos Materiais, Ao Livro Técnico, 1966.

## LABORATÓRIO DIDÁTICO DE ALTA TENSÃO DE BAIXO CUSTO

Ruy Alberto Correa Altafim \*

ALTAFIM, Ruy Alberto Correa. Laboratório Didático de Alta Tensão de Baixo Custo. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 24-32, 1º sem. 1987.

Este laboratório didático tem por objetivo: mostrar efeitos da ruptura dielétrica dos meios isolantes e ministrar aos estudantes conhecimentos de técnicas de alta tensão, através de equipamentos de pequeno e baixíssimo custo. O Laboratório é inteiramente construído com elementos de tamanhos padronizados, que facilitam as montagens e permitem a execução de diferentes circuitos com os mesmos componentes. Dentre os muitos circuitos exequíveis citam-se, Gerador de Greinacher, classe de tensão contínua 20 kV e o gerador de tensão de impulso, triplicador de Marx, forma de onda 1,2/50  $\mu$ s, classe 60 kV. Para este laboratório também foram desenvolvidos os seguintes equipamentos de apoio: um centelhador de esferas controlado à distância, divisores de tensão resistivos e capacitivos para tensão contínua e alternada e circuitos excitadores para controlar o sincronismo de disparo do gerador de impulso.

Laboratório de Alta Tensão. Ensino de Alta Tensão. Geração de Tensão Impulsiva e Contínua.

ALTAFIM, Ruy Alberto Correa. Low Cost Teaching Laboratory of High Voltage. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 24-32, 1st. sem. 1987.

This teaching laboratory has the following purposes: to show the dielectric breaking effects of insulating material, and to teach students techniques of high voltage, with small and inexpensive equipments. The Laboratory is completely built with elements

\* Professor do Departamento de Eletricidade da Escola de Engenharia de São Carlos/USP. Mestre em Engenharia Elétrica pela Escola de Engenharia de São Carlos/USP.

of standar size, what facilitates assembling and allows execution of different circuits with the same components. Many circuits are feasible, such as Greinacher's generator 20kV, Marx's Impulse Generator for three stages, wave form 1.2/50  $\mu$ s 60 kV. The following support equipments were also developed for this laboratory: a sphere gaps controlled from distance, potential dividers for high voltage measurements D.C. and A.C., and synchronization circuits for operation of impulse generator.

Teaching Laboratory. Education in High Voltage. Generation of Impulso and D.C. Voltage.

### 1 INTRODUÇÃO

Seguindo a linha de pensamento de Gross, E.T.B. e Summers C.M. [1], de que a capacitação de um estudante a conhecimentos práticos pode ser feita com a utilização de equipamentos de pequeno porte, que permitem a visualização de todos os fenômenos envolvidos e propiciem a execução de ensaios normalizados operáveis por pequeno número de elementos, desenvolveu-se este laboratório tipo "KIT", adaptado para um grande número de ensaios, com possibilidades de expansões futuras de até mesmo realização de pesquisas, com uma característica que talvez represente o seu maior mérito, ou seja, construído com componentes de baixíssimo custo.

### 2 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

#### 2.1 GERAÇÃO DAS ALTAS TENSÕES CONTÍNUAS

As altas tensões contínuas são geradas nos laboratórios através da retificação de uma onda alternada ou por geradores eletrostáticos tipo Van de Graff. Esta última de geração é mais adaptada a Laboratórios de Física Nuclear, enquanto, a primeira se destaca nos laboratórios de ensaios em alta tensão, onde é executada pela montagem de diferentes, dentre os quais citam-se: os retificadores de meia onda monofásicos e bifásicos; os retificadores de onda completa; o circuito de Villard; o circuito cascata de Greinacher; o circuito de Zimmermann - Wittka e ligação com transformador de apoio, todos mostrados na Figura 1.

#### 2.2 GERAÇÃO DAS ALTAS TENSÕES IMPULSIVAS

Com o nome de tensões impulsivas designam-se tensões de polaridade única, positiva ou negativa, que num tempo muito curto alcançam seu valor máximo, caindo a zero num tempo relativamente longo. A região de elevação de tensão denomina-se frente de onda e a região descendente, cauda de onda.

De inúmeras medições em redes elétricas, desde épocas onde era empregado o oscilógrafo de cátodo frio para as observações de fenômenos tran

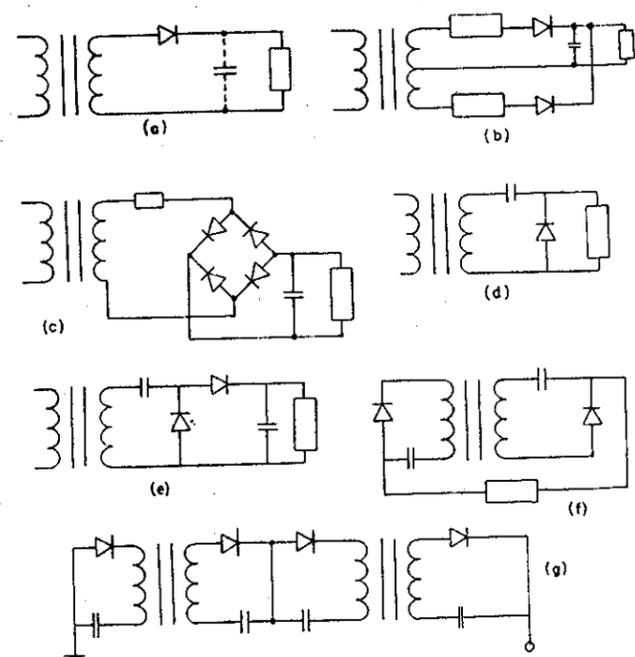


Figura 1 - a) retificador de meia onda; monofásico; b) retificador de meia onda bifásico; c) retificador de onda completa; d) circuito de Villard; e) circuito cascata de Greinacher; f) circuito Zimmermann-Wittka e g) ligação com transformador de apoio.

sitórios, constatou-se que as sobretensões dos sistemas elétricos provocados por descargas atmosféricas e de manobra são do tipo impulsivo, estas últimas podendo, algumas vezes, repetirem-se periodicamente. Para ensaios em laboratórios, as ondas de descarga atmosférica foram padronizadas. Como tendo um tempo de frente de  $1,2 \mu\text{s} \pm 30\%$  e um tempo de meia cauda de  $50 \mu\text{s} \pm 20\%$ . Já as sobretensões de manobra, muitas vezes são caracterizadas por tempo de frente de  $250 \mu\text{s} \pm 20\%$  e tempo de meia cauda de  $2500 \mu\text{s} \pm 60\%$ . A Figura 2 mostra as grandezas características da tensão de impulso padronizada.

Os diagramas mais importantes para a geração de tensões impulsivas são aqueles mostrados na Figura 3.a e 3.b. Em circuitos práticos, apresentam-se bastante simplificados pela omissão de alguns de seus elementos, por estes terem influências desprezíveis sob a forma de onda de impulso.

O circuito de impulso, geralmente escolhido, é o da Figura 3.b, isto por apresentar melhor rendimento. A tensão impulsiva em sua saída, ou seja, sobre o capacitador  $C_2$  é expressa por:

$$v = V_0 \left\{ \exp [ - (\alpha - \beta) t ] - \exp [ - (\alpha + \beta) t / 2C_2 R_1 ] \right\} \quad (1)$$

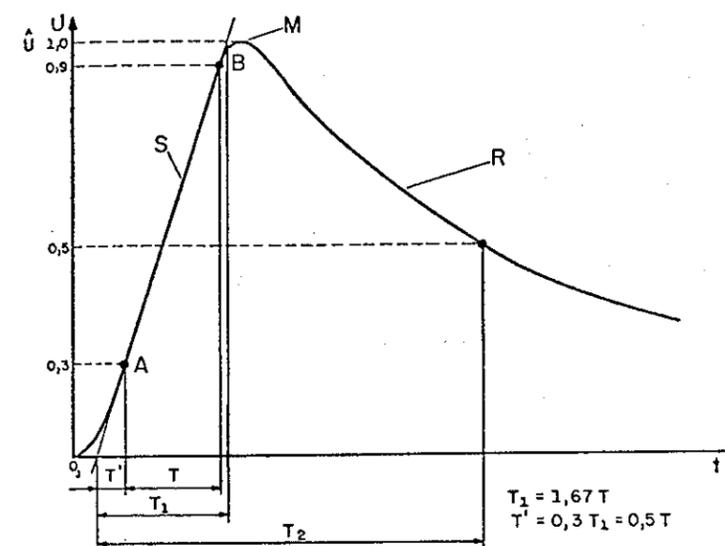


Figura 2 - Impulso atmosférico: S = frente; R = cauda; M = valor de pico;  $O_1$  = início convencional para contagem dos tempos;  $T_1$  = tempo de frente;  $T_2$  = tempo de meia cauda ou tempo de meio valor.

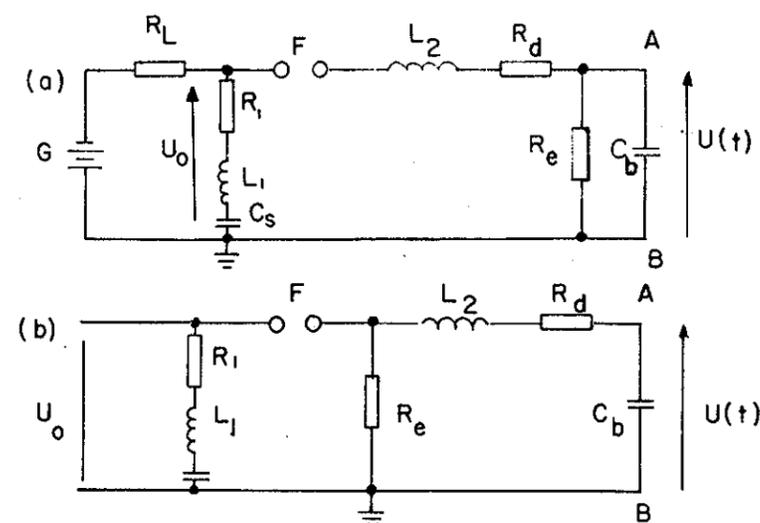


Figura 3 - Circuitos equivalentes do gerador de impulso: G = fonte de tensão contínua;  $R_L$  = resistor de carga;  $R_1$  = resistência inerente das capacitâncias e conexões;  $L_1$  = indutância do gerador;  $C_s$  = capacitor de descarga; F = centelhador;  $L_2$  = indutância do gerador;  $R_d$  = resistência de amortecimento;  $R_e$  = resistência de descarga;  $C_b$  = capacitor de carga.

onde:

$V_o$  = tensão inicial do capacitor  $C_1$ , e

$\alpha$  e  $\beta$  = parâmetros dependentes do tempo de frente,  $t_1$ , e do tempo de meio valor,  $t_2$ .

Os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  podem ser determinados como o indicado em [2], através da relação  $t_2/t_1$ . De posse desses parâmetros, todo o circuito fica determinado para essa relação, quando se atribui valores aos capacitores  $C_1$  e  $C_2$  e se utiliza das expressões:

$$R_1 = 1 / [C_1(\alpha - \beta)] \quad (2)$$

e

$$R_2 = [1 + (C_1/C_2)] / [C_1(\alpha + \beta)] \quad (3)$$

para obter  $R_1$  e  $R_2$ .

Os valores das expressões  $1/(\alpha - \beta)$  e  $1/(\alpha + \beta)$  para a forma de onda 1,2/50 são, respectivamente, 70,10720 e 0,2050 7481. Neste circuito a influência das indutâncias parasitas é grandemente minimizada, quando a condição abaixo é satisfeita.

$$L_p < R_1^2 C_1 / \{4 [1 + (C_1/C_2)]\} \quad (4)$$

onde  $L_p$  = indutância parasita.

Mantendo-se a tensão contínua fixa, pode-se obter tensões impulsivas de valores bem mais elevados que esta, através dos circuitos multiplicadores propostos por E. Marx [3], em 1923. Este circuito encontra-se ilustrado na Figura 4. Quando se tem  $R_L' \gg R_e'$  o circuito de n estágios se reduz a um circuito equivalente de um único estágio, tal qual o circuito da Figura 3.b e seus elementos podem ser determinados pelas equações:

$$\begin{aligned} U_o &= nV_o' & R_d &= nR_d' \\ C_s &= \frac{1}{n} C_s' & R_e &= nR_e' \end{aligned} \quad (5)$$

### 2.3 CIRCUITOS EXCITADORES

Freqüentemente, o registro das tensões impulsivas se faz com divisores de tensão acoplados a osciloscópios de raios catódicos. Devido a curta duração dessas ondas, se torna necessário que a operação do gerador e do osciloscópio sejam sincronizadas, para que se obtenha medidas satisfatórias. O sincronismo do osciloscópio é conseguido fazendo com que o disparo aconteça alguns instantes, geralmente de 0,1 a 0,5 us, antes que a tensão impulsiva atinja as placas defletoras. Existem inúmeros circui-

tos de disparo e muitos deles são descritos na referência [4], um deles encontra-se ilustrado na Figura 5.

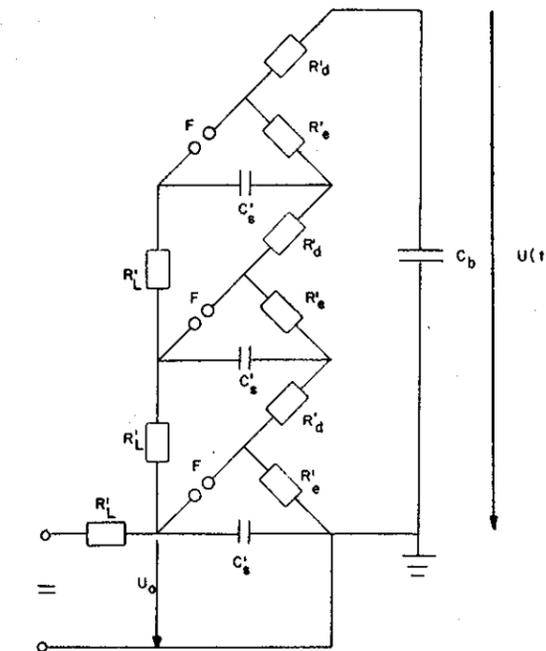


Figura 4 - Circuito Gerador de Impulso de Três Estágios

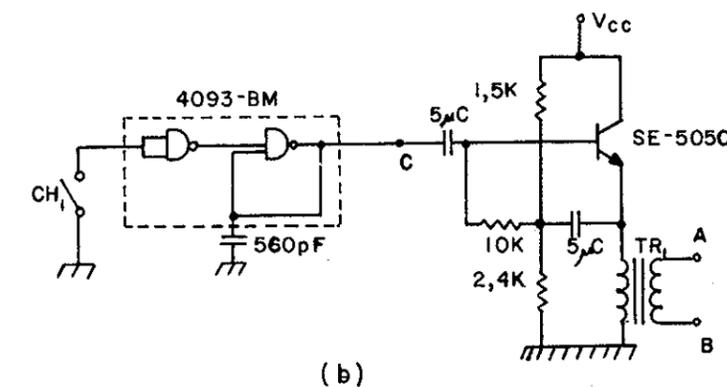
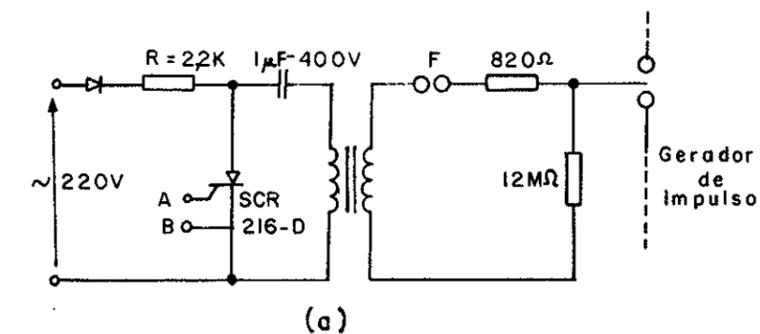


Figura 5 - Circuito de disparo

### 3 DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS DO LABORATÓRIO

O laboratório modelo possui uma geometria espacial que possibilita uma maior maleabilidade nas montagens e menores perdas por correntes superficiais. Os elementos construídos em tamanhos padronizados, somado a um sistema de interconecção especial, facilitam as montagens modulares. Este tipo de equipamento permite que um mesmo elemento seja utilizado em diferentes circuitos, uma vez que, tendo-se terminado uma dada experiência, os módulos são desmontados e os elementos acondicionados em estantes. Na Figura 6, pode-se observar uma dessas montagens.

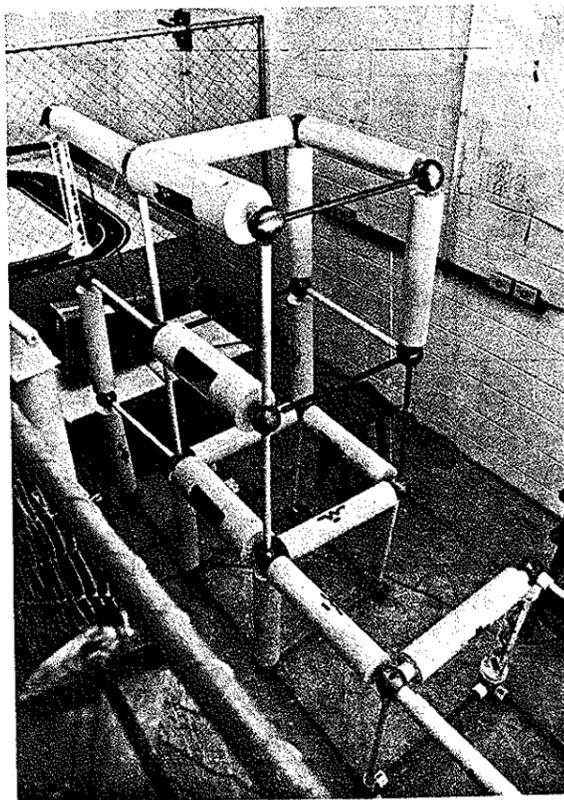


Figura 6 - Gerador de Impulso de Três Estágios

Na confecção dos diferentes elementos sempre se procurou escolher a solução mais econômica e que também pudesse suportar as solicitações mais severas de operação. Assim, os elementos resistivos foram montados helicoidalmente sobre três tubos isolantes de PVC de 12,7 mm, formando uma cadeia em série de resistores comerciais de película de carbono de 2 W de potência. Todo esse conjunto foi envolvido por um tubo de 100 mm de diâmetro, de PVC, dotado de tampões encaixantes. Para se evitar descargas corona, no ar, deve-se manter, para cada 5 kV, uma distância de 3 cm entre os diferentes componentes, e no óleo, uma distância de 1 cm. Estes

valores determinaram os espaçamentos entre os resistores da cadeia.

Segundo [5] os resistores de carbono, do tipo eletrônico podem ser utilizados desde que a tensão sobre cada elemento não ultrapasse 10 kV.

Os elementos capacitivos foram montados de maneira análoga aos resistivos, onde para se obter níveis elevados de isolamento, os capacitores de 1,6 kV foram colocados em série. Neste trabalho, utilizou-se tanto capacitores a óleo quanto cerâmicos, embora tenha-se dado preferência aos últimos por apresentarem fatores de perdas menores em relação ao crescimento da frequência.

Os diodos de alta tensão considerados como um dos elementos principais dos geradores de tensão contínua são de silício, do tipo utilizado em aparelhos receptores de televisão, como os da marca HVD-18 e ITT-TV-18, que apresentam uma tensão reversa de 18 kV e os BY-140, com tensão reversa de 15 kV. Esses diodos normalmente suportam uma corrente direta de picos repetitivos de até 250 mA. No intuito de manter a padronização dos elementos modulares, os diodos também foram acondicionados em suportes apropriados.

De um transformador do tipo NEON devidamente ajustado obteve-se a tensão de 15 kV necessária aos circuitos retificadores e, finalmente, para que toda a montagem fosse exequível, hastes isolantes fabricadas de tubo de PVC - 19,05 mm; hastes condutoras, de tubo de latão 15,8 mm e esferas de latão de 100 mm de diâmetro completam os elementos do laboratório.

Além desses elementos, foi também desenvolvido um centelhador de esferas controlado à distância, equipamento apropriado e de largo uso para medições de tensões contínuas e dos picos das tensões impulsivas e alternadas.

Na calibração, aferição e visualização das formas de ondas, utilizou-se de um osciloscópio de memória, modelo National-Storage Oscilloscope-VP - 5702 A e um divisor de tensão compensado até 15 MHz, relação 1:1000, classe de isolamento de 15 kV.

### 4 RESULTADOS E EXPERIÊNCIAS DIDÁTICAS POSSÍVEIS

Os cálculos teóricos dos geradores de tensão contínua mostraram-se bastante próximos dos resultados experimentais, entretanto, os circuitos que apresentaram tensões com características exigidas pelas normas foram o retificador de meia onda e o circuito duplicador de Greinacher. Já, na geração das tensões impulsivas, todos os circuitos apresentaram ondas com oscilações ou desvios dentro dos admitidos pelas normas brasileiras.

Inúmeras experiências podem ser executadas neste tipo de laboratório, por este possuir as características já apresentadas, de fácil manuseio, grande adaptabilidade e permitir expansões futuras. Algumas das possíveis experiências são:

## a) Com tensões contínuas

- Descarga em gases com aplicação de tensões contínuas positivas e negativas.
- Medição do fator de ondulação.
- Efeito de polarização nos eletrodos tipo ponta-placa.
- Efeito de grade isolante em eletrodos com campos fortemente não homogêneos.
- Medição da condutibilidade de óleos isolantes.
- Visualização de descargas por meio de fibras em óleos isolantes.

## b) Com tensões impulsivas

- Medição das tensões impulsivas - com o centelhador de esferas e com divisores de tensão acoplado aos osciloscópio de memória.
- Ensaio de transformadores com tensões impulsivas - nível de isolamento 5.
- Pesquisas em geradores de impulso de três estágios.
- Ensaio de materiais isolantes com tensões impulsivas.

## 6 AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Prof. Dr. Otto Alfredo Rehder pela orientação recebida e ao Departamento de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia de São Carlos que permitiu o desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GROSS, E.T.B. and SUMMERS, C.M. "Approach to Experimental Electric Power". I.E.E.E. Winter Meeting, N.Y., Jan. - Fev., 1972.
- [2] CRAGGS, J.D.; HAINE, M.E. and MEEK, J.M. High Voltage Laboratory Technique. London Butterworths Scientific Publications, 1954.
- [3] MARX, E. "Deustches Reichspatent nº 455.933" E. Marx, 1923.
- [4] ALTAFIM, R.A.C. "Pesquisa para a construção de um laboratório didático de alta tensão de baixo custo especificamente para gerar tensões de impulso e contínuas" - tese de mestrado - EESC/USP, 1984.
- [5] EDWARDS, F.S.; HUSBANDS, A.S.; PERRY, F.R. "The Development and Design of High Voltage Impulse Generators". J.J.E.E.E. v.98 pt 1, jan. 1951.
- [6] NBR-5389 (ABNT) "Técnicas de Ensaio de Alta Tensão - Métodos de Ensaio".
- [7] NBR-6936 (ABNT) "Técnicas de Ensaio Elétricos de Alta Tensão".
- [8] NBR-6937 (ABNT) "Técnicas de Ensaio Elétricos de Alta Tensão Dispositivos de Medição".
- [9] P.NB-23 (ABNT) "Construção e USO do Centelhador de Esferas".

O BALANÇO ENERGÉTICO INDUSTRIAL  
NOS CURRÍCULOS DE ENGENHARIA

Manfred Fehr \*

FEHR, Manfred. O Balanço Energético Industrial nos currículos de Engenharia. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1):33-40, 1º sem. 1987.

Num esforço de adequar os currículos de engenharia à dinâmica realidade industrial, advoga-se a necessidade de criar disciplinas novas em momentos oportunos. É proposta aqui a idéia de uma disciplina multivocacional sobre assuntos estritamente técnicos da contabilidade energética industrial, Exemplos quantitativos obtidos de empresas e da escassa literatura formativa disponível indicam a crescente necessidade de incluir o assunto na formação do Engenheiro.

Contabilidade Energética. Auditoria Energética. Equivalência de Combustíveis.

FEHR, Manfred. Industrial Energy Balance as part of the Engineering curricula. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1):33-40, 1st. sem. 1987.

In an effort to revitalize Engineering curricula, the introduction of new subjects should be advocated whenever warranted by dynamic industrial reality. In this line of reasoning, the author suggests the necessity for an interdisciplinary course on Industrial Energy Accounting. Quantitative examples taken from industrial practice and the scarce instructive literature available indicate a rising need for including the subject in the formal training programs of engineers.

Energy Accounting. Energy Auditing. Fuel Equivalence.

\* Universidade Federal de Uberlândia - MG.

## INTRODUÇÃO

O balanço energético industrial é um complexo exercício de contabilidade que visa identificar o destino de cada Joule da conta energética paga pela empresa. Perguntas em diversos níveis devem ser respondidas pelo auditor energético. No primeiro nível situam-se perguntas quantitativas absolutas do tipo: Como o consumo de energia está distribuído entre aproveitamento pelo processo, perdas de conversão, transferência indesejável e descarte no ambiente?

No segundo nível haverá perguntas quantitativas relativas do tipo: Qual foi a quantidade de combustível gasta por unidade de produto fabricado? Qual foi a incidência do custo de energia elétrica sobre o custo de fabricação?

Em níveis superiores surgem perguntas quantitativas comparativas do tipo: A nossa eficiência de conversão de energia química em energia elétrica de 82% situa-se acima ou abaixo do padrão? Por quê o nosso concorrente paga menos pelo kwh comprado na mesma concessionária? Se o nosso gerador de calor fosse tocado com gás pobre de lenha ao invés de óleo combustível, qual seria o consumo relativo?

O balancete energético da fábrica contém suficientes detalhes para identificar os pontos onde ocorre desperdício ou baixo aproveitamento. Os dados necessários para elaboração do balanço normalmente não estão disponíveis, obrigando o auditor energético a requerer medições e estatísticas específicas.

A tarefa da auditoria energética é logicamente atribuída a um engenheiro cuja formação pode ter sido no ramo da química, da mecânica, da elétrica, da metalúrgica ou outras. Em qualquer caso, sua preparação para a tarefa na estrutura curricular é deficiente. Várias disciplinas casualmente relacionadas com o assunto fornecem informações isoladas, mas nenhuma das habilitações de Engenharia inclui a auditoria energética no seu conjunto caracterizante de matérias.

O objetivo da disciplina multivocacional aqui cogitada é o de fornecer a formandos das várias habilitações de Engenharia um pacote básico de princípios, métodos, raciocínios e informações que permitirão a eles assumir o cargo de auditor energético, de formar suas opiniões e tomar suas decisões independentemente da publicidade intensiva dos fabricantes de equipamentos e fornecedores de combustíveis.

A literatura existente sobre o assunto é de caráter informativo e bastante espalhada nas mais diversas fontes de informação. Com o surgimento da disciplina, a literatura informativa chegará a ser melhor direcionada e a literatura formativa fará sua aparição em forma de livro texto ou semelhante.

## PRINCÍPIOS DA CONTABILIDADE ENERGÉTICA

Para fins de esquematização, o balancete poderia ser dividido em parcelas como segue:

- 1) Situação dos geradores de calor
- 2) Situação do transporte e uso do calor gerado
- 3) Situação das máquinas elétricas

A preparação do balancete para geradores de calor já foi tratada na literatura (1,2). Resumidamente, medições apropriadas estabelecem o perfil de temperaturas dos fumos, a partir do qual a dissipação em cada uma das partes do gerador pode ser avaliada: queimador, fornalha, recuperador e chaminé. Medições do lado processo contabilizam a energia efetivamente transferida, o que permite avaliar a eficiência da troca térmica. A título de ilustração é reproduzido na Tabela 1 o balancete térmico de uma caldeira a lenha. A obtenção dos dados necessários para a elaboração deste balancete é responsabilidade do auditor. Os índices de desempenho estabelecidos precisam ser comparados com padrões ou com objetivos específicos da empresa para poder elaborar recomendações de melhoria.

A parte do balancete dedicada ao transporte e uso do calor gerado identificará os destinos do calor absorvido pelo processo, ou seja (5,05 + 1,85) Gcal/h. Esta quantidade será dissipada nos diferentes equipamentos de troca térmica da fábrica e nos receptores de calor residual. Cada um destes equipamentos terá seu desempenho anotado no balancete.

A avaliação da situação das máquinas elétricas será intimamente ligada à estrutura tarifária da concessionária de energia elétrica. Os respectivos itens do balancete serão comparados a padrões ou objetivos visados. A Tabela 2 ilustra as economias possíveis pela correta adaptação do consumo à estrutura tarifária. A fábrica 2, ao adaptar seu horário de consumo à estrutura tarifária, realiza um maior fator de carga para demanda igual o que leva a um menor preço do kwh comprado. Caso os dois produtos sejam vendidos pelo mesmo preço, o lucro da fábrica 2 é de 308,33 - 251 - 21 = Cz\$ 57,12/t maior do que aquele da fábrica 1, devido ao fato de ela ter-se aproveitado do incentivo contido na estrutura tarifária.

## MÉRITOS RELATIVOS DE COMBUSTÍVEIS

O caso onde a empresa precisa escolher o combustível para um gerador de calor, ou ainda o caso onde é cogitada a substituição de um combustível por outro, representa o problema mais sério para os responsáveis pela elaboração de propostas, devido ao fato de cada fabricante ou distribuidor ressaltar os méritos de seus produtos e a literatura não oferecer ajuda nenhuma. Encontramos na referência 3 uma tabela que indica que 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 1,450 kg de lenha de 10% de umidade ou a 0,358 l de óleo diesel. A referência 4 reza que 1 t de óleo combustível de poder

calorífico superior a 10300 kcal/kg pode ser substituída por 1,65 m<sup>3</sup> de lenha de 20% de umidade e poder calorífico superior de 2500 kcal/kg. Como nada é dito sobre a aplicação cogitada, estes enunciados deixam o leitor com a impressão de que as equivalências citadas são geralmente válidas. Nada mais longe da verdade. As tabelas universais de equivalências (5) mostram que o consumo relativo de dois combustíveis satisfazendo uma mesma carga térmica depende dos seguintes parâmetros:

- as condições de queima
- a eficiência da queima
- a temperatura de exaustão visada
- o poder calorífico do combustível
- a superfície de troca disponível
- a capacidade de exaustão disponível
- o nível de temperatura da carga térmica

Tabela 1 - Balancete térmico de caldeira a lenha

Haver		
PCI da lenha		11,31 Gcal/h
Débitos		
Ineficiência de queima	25%	2,83 Gcal/h
Calor transferido na fornalha:		
- absorvido pelo processo	44,6%	5,05 Gcal/h
- perdido por condução	7,3%	0,82 Gcal/h
Calor transferido no recuperador:		
- absorvido pelo processo	16,4%	1,85 Gcal/h
- perdido por condução	2,7%	0,31 Gcal/h
Despesa operacional da chaminé	4%	0,45 Gcal/h
<b>Total débito</b>	<b>100%</b>	<b>11,31 Gcal/h</b>

Aproveitamento térmico da lenha:

$$(5,05 + 1,85)/11,31 = 61\%$$

Eficiência de conversão energética:

$$(11,31 - 2,83)/11,31 = 75\%$$

Eficiência de troca térmica:

$$(5,05 + 1,85)/(5,05 + 0,82 + 1,85 + 0,31) = 86\%$$

Tabela 2 - Balancete comparativo do custo da energia elétrica

Exemplo de estrutura tarifária:

custo da demanda	Cz\$ 58,24/kw
custo do consumo	Cz\$ 0,21/kwh
valor do imposto	Cz\$ 0,10/kwh

Item	fábrica 1	fábrica 2
consumo	20160 kwh/mês	34650 kwh/mês
demanda	164 kw	162 kw
fator de carga kwh/(730hxkw)	0,168	0,293
custo do kwh consumido: demanda	$\frac{58,24 \text{ Cz\$}}{\text{kw}} \times \frac{164 \text{ kw}}{20160 \text{ kwh}} = 0,47$	$\frac{58,24 \times 162}{34650} = 0,27$
+ consumo	0,21	0,21
+ imposto	0,10	0,10
custo total do kwh	Cz\$ 0,78/kwh	Cz\$ 0,58/kwh
taxa de produção	51 t/mês	80 t/mês
incidência da energia elétri ca sobre o pre ço do produto: valor absoluto	$\frac{20160 \text{ kwh}}{\text{mês}} \times \frac{\text{mês}}{51 \text{ t}} \times \frac{0,78 \text{ Cz\$}}{\text{kwh}} = 308,33 \frac{\text{Cz\$}}{\text{t}}$	$\frac{34650 \times 0,58}{80} = 251,21 \frac{\text{Cz\$}}{\text{t}}$
valor relativo	1,00	0,81

A Tabela 3 é um extrato das tabelas universais de equivalência de combustíveis, para projetos equivalentes. O projeto equivalente é definido como aquele que conserva a capacidade de troca térmica e a temperatura de exaustão em casos de mudança de combustível. Da tabela retiramos as seguintes equivalências:

$$1,18/1,62 = 0,73 \text{ 1 óleo diesel (7c)/m}^3 \text{ padrão biogás (18c)}$$

Tabela 3 - Equivalência de combustível para projetos equivalentes

Item na tabela universal	18 c	7c	1c	11c	29c	29d
Combustível	Biogás	Óleo Diesel	Óleo F dispersado com vapor PCS 10300 kcal/kg	Lenha 12% umidade PCS seco 4327 kcal/kg	Lenha 20% umidade PCS seco 3125 kcal/kg	Lenha 20% umidade PCS seco 3125 kcal/kg
Temperatura combustível	25°C	25°C	90°C	25°C	25°C	25°C
Temperatura do ar	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C
Excesso de ar	5%	10%	10%	20%	100%	100%
Eficiência de queima	85%	83%	83%	84%	80%	80%
PCS kcal/kg	-	10900	10300	3808	2500	2500
PCI kcal/m <sup>3</sup> padrão	5992	-	-	-	-	-
PCI kcal/kg	-	10145	9765	3456	2127	2127
Temperatura de exaustão	400°C	400°C	400°C	400°C	400°C	200°C
Nível de carga térmica	300°C	300°C	300°C	300°C	300°C	100°C
Superfície de troca relativa	1,05	1,04	1,00	1,19	2,54	2,09
Capacidade de exaustão relativa	1,06	1,08	1,00	1,33	6,32	3,91
Consumo relativo de combustível	1,62m <sup>3</sup> /kg	1,18 l/kg	1,00 kg/kg	2,99 kg/kg	24,4m <sup>3</sup> /t	15,1m <sup>3</sup> /t
Carga térmica kcal/h	C	C	C	C	C	C
Densidade g/cm <sup>3</sup>	-	0,828	-	-	2,5m <sup>3</sup> /t	2,5m <sup>3</sup> /t

$2,99/1,62 = 1,85 \text{ kg lenha (11c)}/\text{m}^3 \text{ padrão biogás (18c)}$

$24,4/1 = 24,4 \text{ m}^3 \text{ lenha (29c)}/\text{t óleo F (1c)}$

$15,1/1 = 15,1 \text{ m}^3 \text{ lenha (29d)}/\text{t óleo F (1d)}$

Concluimos que é impossível conferir as equivalências citadas nas referências 3 e 4 com as escassas informações fornecidas. Um fato que facilmente escapa do leitor desprevenido é a extensão da superfície de troca térmica requerida para que as equivalências de consumo sejam válidas. No caso da lenha citada na referência 4 (item 29 d das tabelas universais), para que 15,1 m<sup>3</sup> de lenha possam substituir 1 t de óleo F, a superfície de troca precisaria ser ampliada por um fator 2,09, mesmo na condição muito favorável onde o nível da carga térmica do processo é de apenas 1000°C. Em caso de superfícies de troca iguais, a carga térmica do processo não pode ser atendida por esta lenha, mesmo aumentando o consumo indefinidamente. Devendo-se aceitar operação a carga térmica reduzida, ao passar de óleo para lenha em instalação inalterada, a designação "equivalência" de combustível deixa de ter sentido.

#### ESTRUTURA DA DISCIPLINA MULTIVOCACIONAL

Os poucos exemplos aqui citados deixam ver que os conhecimentos e o raciocínio exigidos do auditor energético industrial não estão sendo ensinados adequadamente aos formandos em Engenharia que inevitavelmente terão que preencher os muitos cargos de auditoria energética existentes ou a surgir no país. Poucas empresas podem se dar o luxo de contratar mais de um engenheiro para esta tarefa, o que significa a necessidade de formandos de várias habilitações possuírem as noções básicas da contabilidade energética.

A seguir são listados os principais temas que poderiam compor a nova disciplina:

- Preparação de balanços energéticos
- Elaboração do balancete de energia
- Eficiência de conservação energética
- Análise de geradores de calor
- Equivalências efetivas de combustíveis
- Repercussão do fator de carga
- Condições de combustão
- Descarte de calor residual
- Transporte e uso do calor industrial
- Métodos de conservação de energia
- Análise crítica da literatura do ramo.

Sendo apenas uma proposta inicial, esta estrutura será submetida a discussão no âmbito da ABENGE onde idéias adicionais surgirão.

## CONCLUSÕES

A auditoria energética faz parte do preparo acadêmico hoje exigido do formando em Engenharia pela realidade industrial.

Por motivos práticos industriais, formandos de várias habilitações de veriam possuir noções da auditoria energética.

A correspondente disciplina será multivocacional.

A introdução da disciplina adequará o currículo à dinâmica realidade industrial e criará novos desafios e novas oportunidades de emprego aos formandos em Engenharia.

## REFERÊNCIAS

- (1) Atualidades CNP. Ano 15 Nº 88 p.35 (1984)
- (2) Energia - Fontes Alternativas. Vol.7 Nº 37/38 p.39 (1985).
- (3) CETEC, Belo Horizonte. Manual para construção e operação de biodigestores (1981), pág. 9.
- (4) IBP Rio de Janeiro. Curso de informação sobre combustíveis e combustão (sem data), pág.19.
- (5) IV Simpósio de Tecnologia Energética. São Paulo, 17 a 19 de setembro de 1986, "Tabelas Universais de equivalência de combustíveis".

## AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOCENTE: EXPERIÊNCIA DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS DA UFSCAR<sup>(1)</sup>

*José Angelo R. Gregolin \**  
*José Roberto G. da Silva \*\**  
*Nelson G. de Alcântara \*\*\**

GREGOLIN, José Angelo R. et alii. Avaliação de Desempenho Docente: experiência do Departamento de Engenharia de Materiais da UFSCar. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 41-46, 1º sem.1987.

Uma metodologia de avaliação de desempenho docente no ensino de disciplinas de graduação sob responsabilidade do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos é apresentada, juntamente com uma análise de sua aplicação e dos resultados obtidos; alguns pontos de vista sobre o papel dessa avaliação de desempenho no aprimoramento do ensino e da aprendizagem de Engenharia são também relatados.

Desempenho docente. Ensino de Engenharia.

GREGOLIN, José Angelo R. et alii. Teacher's Performance Evaluation: experience of the Materials Engineering Departments at UFSCar. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 41-46, 1st.sem.1987.

A methodology of teacher's performance evaluation when teaching undergraduate courses at the Materials Engineering Departments of the Federal University of São Carlos is presented, as well as an analysis of its application and results obtained; some viewpoints related to such a performance evaluation on the improvement of teaching and learning engineering are also given.

Teacher's performance. Teaching of Engineering.

(1) Trabalho apresentado no COBENGE/86, realizado no Rio de Janeiro (RJ) de 28 a 30 de julho de 1986.

\* Professor Assistente e Presidente da Comissão de Ensino do DEMA-UFSCar - São Carlos - SP.

\*\* Professor Adjunto e Coordenador de Relações Externas do DEMA-UFSCar.

\*\*\* Professor Adjunto e Chefe do DEMA-UFSCar.

## INTRODUÇÃO

A avaliação do desempenho docente pode ser encarada como um assunto polêmico no meio universitário de um modo geral, e, em particular, também na área de Engenharia.

Pode-se esperar que, por diversas razões, considerável parte do corpo docente dos departamentos de Engenharia não teve a oportunidade ou o interesse em se preparar profissional e tecnicamente para ensinar, tanto no nível de graduação como no de pós-graduação. Fica então a expectativa que a capacidade e o talento para ensinar sejam inatas no profissional que optou pela carreira docente. É sabido que boa parte do corpo docente da área de Engenharia tem interesse muito maior pelas atividades de pesquisa e desenvolvimento interagindo com as empresas e com a comunidade em geral, do que nas atividades de ensino.

Nesse contexto, pode-se esperar resistências individuais contra o desenvolvimento de sistemas de avaliação de desempenho docente ou de sistemas mais gerais de desempenho que visem o aprimoramento do ensino e da aprendizagem como um todo. Torna-se necessário um esforço dirigido de conscientização, mudança, e busca de novo equilíbrio entre prioridades dentro de um "status quo" muitas vezes arraigado, contra uma dedicação mais aprofundada às atividades de ensino; o que poderia comprometer definitivamente o ensino e a aprendizagem.

Este trabalho objetiva apresentar as experiências desenvolvidas pelo Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) no desenvolvimento, aplicação, e análise da avaliação de desempenho docente no âmbito do DEMa.

## OBJETIVOS

O DEMa tem buscado, ao longo dos anos, uma evolução qualitativa nas técnicas de ensino e na avaliação do ensino e da aprendizagem, procurando melhorar a formação dos professores em Ciência e Engenharia de Materiais (CEM). Dentre as formas de ação usadas para alcançar essa evolução, pode-se ressaltar a implementação de estudos e da divulgação das idéias e da filosofia sobre Ciência e Engenharia de Materiais (1-3), publicação de um catálogo de curso (4), de um catálogo do Programa Integração Escola - Empresa-Governo (5), de um Glossário sobre Ensino e Pesquisa (6). Além disso, realizou-se um estudo de acompanhamento de egressos de algumas turmas do curso (7) e outro estudo sobre o comportamento do curso quanto à procura dos alunos pelas três modalidades (8). Tem-se buscado a valorização de trabalhos extra-curriculares (monitoria, iniciação científica e tecnológica, desenvolvimento de projetos, etc.) e ultimamente o DEMa está promovendo seminários e cursos sobre o ensino x aprendizagem x uso de meios auxiliares, dirigidos para professores do Departamento, além da avaliação de desempenho docente, aplicada desde 1978 de maneira intermitente.

Essa avaliação de desempenho docente é efetuada a partir da coleta de informações junto aos alunos matriculados nos cursos de graduação de Engenharia da UFSCar que cursam disciplinas sob responsabilidade do DEMa ao final de cada período letivo. Ela é encarada como uma forma de ação efetiva e construtiva de detecção de pontos críticos no processo de ensino e aprendizagem, procurando respeitar e valorizar as características individuais (Experiências Diversificadas, Criatividade, etc.) que enriqueçam esse processo como um todo.

## PROCEDIMENTO

Foi organizado um questionário de avaliação do ensino, que inclui também perguntas para avaliação geral de disciplinas e do aluno, cujas respostas constam de uma folha separada sem identificação do aluno. No que se refere à avaliação do desempenho docente, são analisados os seguintes tópicos:

- Organização do professor na apresentação da disciplina
- Empenho do professor na motivação dos alunos
- Técnica de ensino adotada pelo professor
- Atitude do professor quanto ao critério de avaliação dos alunos

São feitas 6 afirmativas para cada um destes tópicos, com as quais os alunos devem anotar na folha-resposta se concordam, parcialmente ou se discordam delas. A Tabela 1 apresenta parte do questionário para ilustração.

Tabela 1 - Exemplo de um Tópico de Avaliação do Desempenho Docente

### Parte 1 - *Organização do professor na apresentação da disciplina*

- 1 - No início do semestre o professor apresentou o planejamento do programa para a disciplina e deixou claro quais seriam seus objetivos.
- 2 - Durante o desenrolar do programa, aqueles objetivos ficaram evidentes.
- 3 - O professor estava bem preparado para oferecer a disciplina.
- 4 - O professor manteve a continuidade no desenvolvimento do programa da disciplina, através de freqüentes revisões rápidas.
- 5 - A apresentação de cada assunto foi feita de maneira satisfatoriamente clara; ordenada e objetiva permitindo boa assimilação dos ensinamentos.
- 6 - O professor deixou claro no início do semestre as referências bibliográficas para o atendimento do programa da disciplina, em termos de livros-textos e leitura colateral necessária.

Em uma análise global, como você classificaria a organização do professor ao longo da apresentação de todo o programa da disciplina?

Com respeito a estes tópicos, os alunos devem ainda fazer uma avaliação global na escala entre "muito fraco" e "excelente".

O recolhimento das respostas é feito por um terceiro indivíduo (secretaria, técnico de laboratório, etc.), e a Chefia do Departamento compila os resultados, de modo que o resultado da avaliação individual é sigilosa e é encaminhada ao professor avaliado para conhecimento. A análise global, que fica servindo de referência, é amplamente divulgada entre os docentes e alunos; servindo de elemento de análise por parte da Comissão de Ensino do DEMA e da Coordenação do curso de graduação de Engenharia de Materiais para propor sugestões à Câmara Departamental e à Chefia do DEMA.

A Tabela 2 apresenta os resultados globais da avaliação relativos aos tópicos referidos anteriormente, obtidos no 2º semestre de 1983.

Tabela 2 - Resultados Globais da Avaliação do Corpo Docente do DEMA, referentes à Organização do Professor, Empenho na Motivação, Técnica de Ensino e Critério de Avaliação, obtidos no 2º semestre de 1983.

PARTE	I		II		III		IV	
	ORGANIZAÇÃO DO PROFESSOR		EMPENHO NA MOTIVAÇÃO		TÉCNICA DE ENSINO		CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO	
ASSUNTO	Deptº	Prof.	Deptº	Prof.	Deptº	Prof.	Deptº	Prof.
EXCELENTE	26,6		25,0		13,6		28,7	
BOM	45,8		45,4		48,2		45,4	
REGULAR	17,8		17,0		23,6		14,9	
FRACO	3,8		6,0		7,3		2,5	
MUITO FRACO	1,2		1,4		2,0		1,4	
EM BRANCO	4,7		5,2		5,4		7,1	

Na Tabela 2 as colunas referidas como "Deptº" apresentam os resultados globais levando-se em conta todo o corpo docente do Departamento, enquanto que a coluna "Prof." se refere a um determinado professor ministrando uma disciplina específica, e estes são os resultados divulgados apenas ao professor avaliado.

O aluno deve ainda fazer uma avaliação geral do professor, classificando sua eficiência global no ensino entre "muito fraco" e "excelente", sem considerar a opinião sobre o professor como pessoa, conforme os resultados apresentados na Figura 1, obtidos no 2º semestre de 1983.

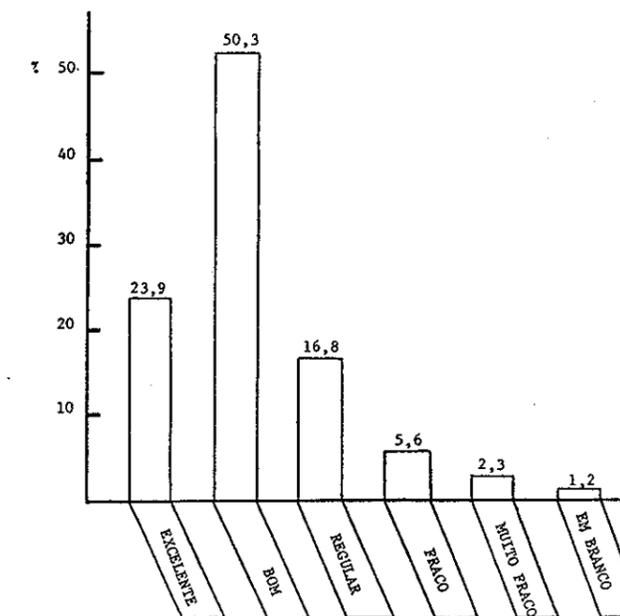


Figura 1 - Avaliação do Corpo Docente

#### ANÁLISE E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da Figura 1 e da Tabela 2 a avaliação geral do desempenho docente do DEMA tem sido satisfatória, embora demonstrem que existe possibilidade de substancial melhoria.

A partir daí, o DEMA tem promovido seminários e cursos sobre a filosofia e funcionamento do processo de ensino x aprendizagem, sobre uso dos meios auxiliares adequados oferecidos por especialistas em Educação além da divulgação ostensiva do curso de Engenharia de Materiais. Numa segunda fase, procurar-se-á rever e talvez aprimorar a forma e o conteúdo da avaliação referida, buscando-se para isso a experiência dos especialistas em Educação e o uso de técnicas modernas de automação e processamento de dados.

Outra necessidade detectada (não só por este tipo de avaliação) é a de consolidar o ensino integrado e interdisciplinar dentro da filosofia de atuação do campo da Ciência e Engenharia de Materiais (1-3), conforme consta no Plano Trienal do DEMA para 1986-1988 (9).

Observa-se que é ainda incipiente, a nível nacional, a divulgação de resultados, de normas e de recomendações para nortear a forma e o conteúdo das avaliações do desempenho docente, tanto por parte de especialistas, de usuários, de órgãos governamentais, etc.

Assim, em função da experiência vivida pelo DEMA com relação à avaliação de desempenho docente, pode-se ressaltar alguns pontos como segue:

É importante que a avaliação de desempenho docente esteja inserida em

um contexto muito mais abrangente de meios e objetivos de aprimoramento de ensino.

- . Esta avaliação docente deve ser uma forma de ação utilizada de modo construtivo, para se atingir o objetivo de melhor formação dos alunos.
- . Ela deve existir simultaneamente a outras atividades para o aprimoramento docente, tais como a troca de experiência entre docentes, cursos e seminários sobre ensino e aprendizagem.
- . Seria muito importante que houvessem recomendações por parte da ABENGE, sobre sistemas de avaliação de desempenho docente, de forma a se estabelecerem formas de ação e padrões de avaliação comparáveis inter-instituições.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) SILVA, J.R.G. - "A Ciência e a Engenharia de Materiais", *Ciência e Cultura*, 38 (1), 93-99, 1986.
- (2) COHEN, M. (Ed.) - "Ciência e Engenharia de Materiais: Sua Evolução, Prática e Perspectivas", Partes I e II, tradução de J.R.G. SILVA - UFSCar, São Carlos, 1985, 250 págs.
- (3) TILLER, W.A. - "Ciência de Materiais e Ciência Aplicada", tradução de J.R.G. SILVA, UFSCar, São Carlos, 1985, 35 págs.
- (4) "Curso de Graduação em Engenharia de Materiais", catálogo Nº 8, UFSCar, São Carlos, 1986, 41 págs.
- (5) SPINELLI, I.M.M. e BUENO, L.O. (Orgs.) - "Projeto Integração Escola-Empresa-Governo", catálogo Nº 2, UFSCar, São Carlos, 1986, 22 págs.
- (6) SILVA, J.R.G. e RODRIGUES, J.A. (Orgs.) - "Glossário sobre Ensino e Pesquisa", UFSCar, São Carlos, 1985, 35 págs.
- (7) BASSO, I.S. - "Engenheiro de Materiais: Educação e Trabalho", dissertação de mestrado, UFSCar, São Carlos, 1985, 200 págs.
- (8) SILVA, J.R.G. - "Estrutura e Comportamento do Curso de Graduação de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos", UFSCar, São Carlos, 1980, 15 págs.
- (9) "Plano Diretor Trienal 86-88", DEMa-UFSCar, São Carlos, 1986, 16 págs.

#### CONSIDERAÇÕES SOBRE PROGRAMAS DE AVALIAÇÃO DE DOCENTES PELOS ALUNOS

Luiz Fernando Milanez \*

MILANEZ, Luiz Fernando. Considerações sobre Programas de Avaliação de Docentes pelos alunos. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 47-52, 1º sem. 1987.

Os programas de avaliação de docentes pelos alunos vêm sendo utilizados com frequência nos Estados Unidos desde a década de quarenta. Atualmente, praticamente em todas as universidades norte-americanas os docentes são avaliados pelos alunos, tanto da graduação quanto da pós-graduação. Este tipo de programa não é muito comum nas universidades brasileiras. No Departamento de Engenharia Mecânica da UNICAMP foram feitas algumas tentativas de implantação destes programas, porém de maneira bastante irregular. O presente trabalho pretende descrever a experiência da aplicação destes programas no Departamento de Engenharia Mecânica da UNICAMP em comparação com o que ocorre em algumas universidades norte-americanas.

Avaliação de Docentes. Ensino de Engenharia.

MILANEZ, Luiz Fernando. Considerations on Student-Faculty Evaluations. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 47-52, 1st. sem. 1987.

Formal programs of student-faculty evaluations have been conducted on a semi-permanent basis since 1940 in the United States of America. At the present time in most American universities the student, both graduate and undergraduate, evaluate the effectiveness of staff members as teachers. This kind of program is not used very often in Brazilian universities. Attempts to establish such programs at the Department of Mechanical Engineering-UNICAMP were carried out and the present paper describes this experience.

Student-Faculty Evaluation. Engineering Education.

\* Professor Livre-Docente, Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas.

## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho do professor é semelhante ao do ator, ambos dispõem de um palco, uma platéia e uma peça a ser apresentada. A diferença é que o ator representa sempre a mesma peça para uma audiência que varia a cada apresentação e com isso tem a oportunidade de trabalhar sobre a peça para aprimorá-la enquanto o professor ao apresentar uma sucessão de diferentes tópicos para uma mesma platéia pode desenvolver um trabalho a longo prazo com estas pessoas.

A capacidade de ensinar é um dom natural do indivíduo, algo que alguns professores têm e outros infelizmente não têm. No processo de ensino correm duas componentes distintas, uma objetiva e outra subjetiva. Nos dois casos a competência é o pré-requisito de um bom desempenho. O que se entende por competência no ensino é, entretanto, uma questão ainda em aberto. Muitos professores concordam que a competência no ensino está de alguma forma relacionada com o desenvolvimento da capacidade do aluno em compreender o assunto por si próprio. Está claro que a responsabilidade do processo de ensino é tanto do professor quanto do aluno. Já se disse que no Brasil o professor finge que ensina enquanto que o aluno finge que aprende, e em muitas escolas este fato parece ser verdadeiro. A educação é um processo sensível à realimentação, uma classe interessada e motivada faz com que o professor elabore cada vez mais o seu material de ensino. A motivação da classe porém, em geral resulta da atitude do professor.

Com relação aos aspectos objetivos do ensino, o professor deve em primeiro lugar conhecer o assunto da sua matéria com uma certa profundidade, de modo a transmitir segurança aos alunos. Em segundo lugar ele deve ter o desejo de ensinar, pois somente atitudes de boa vontade do professor em relação ao ensino produzem bons resultados.

O ensino é um processo de interação entre pessoas e, por isso mesmo, é complexo. Cada indivíduo responde de uma maneira muito particular a um mesmo estímulo. A comunicação do professor com a classe e a sua efetividade em apresentar o assunto fazem parte da componente subjetiva do ensino, sendo portanto variáveis difíceis de serem avaliadas quantitativamente.

Durante todo o período letivo, os alunos são de alguma forma avaliados pelo professor. Dentro de um princípio democrático de reciprocidade, nada mais justo que os alunos tenham também a oportunidade de avaliar o desempenho do professor. A experiência mostra que, com raras exceções, fornecem informações importantes ao professor em relação ao seu desempenho no ensino. Em geral as modificações introduzidas nos métodos de ensino em função destas avaliações dizem respeito principalmente à componente objetiva. Pode-se identificar algumas deficiências na componente subjetiva, mas neste caso as modificações a serem introduzidas são através de um processo mais lento quando ocorrem.

## 2 O PROCESSO DE AVALIAÇÃO NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

Os programas de avaliação de docentes nos Estados Unidos da América foram iniciados há cerca de cinquenta anos de maneira informal em algumas poucas escolas. Em 1940 foram estruturados os primeiros programas formais em bases semi-permanentes. Em 1950 sessenta escolas já possuíam programas formais de avaliação. Atualmente tais programas são adotados em quase todas as universidades norte-americanas. O processo de avaliação é conduzido através de questionários que são respondidos pelos alunos nas proximidades do término do semestre.

A condução da maioria dos programas de avaliação é da responsabilidade de organizações estudantis honorárias, denominadas por letras gregas, com destaque para a Tau Beta Pi. A atividade destas organizações é, entretanto, meramente operacional, restrita a distribuir e recolher os questionários. Os questionários respondidos são colocados em um envelope que é selado e mantido conveniente até o término do semestre quando então os resultados são processados pela secretaria do departamento.

Em alguns casos só o professor avaliado e o chefe do departamento têm acesso ao resultado dos questionários. Em outros, as informações são do conhecimento de todo o corpo docente, porém em geral não são divulgados aos alunos. Em algumas escolas os resultados desta avaliação são levados em consideração para a promoção do docente.

## 3 O PROCESSO DE AVALIAÇÃO NA IOWA STATE UNIVERSITY

Por ter tido a oportunidade de conhecer o Departamento de Engenharia Mecânica desta Universidade pude observar o funcionamento do processo de avaliação em detalhes e julgo importante descrevê-lo aqui para ilustrar as características particulares de cada instituição.

O processo foi introduzido de maneira formal no início da década de setenta por iniciativa do departamento. São avaliados os cursos de graduação e pós-graduação e a aplicação dos questionários é de responsabilidade da sociedade honorária Pi Tau Sigma. Os alunos preenchem uma folha impressa onde existem questões sobre o curso com espaço para comentários e questões sobre o professor com espaço para comentários. Em seguida o aluno transfere suas avaliações marcando com grafite em uma folha que através de uma leitora óptica introduzirá estes dados no computador. O resultado final da avaliação só é do conhecimento do chefe do departamento e do professor avaliado. Cada professor recebe as folhas respondidas pelos alunos de sua disciplina com os comentários e uma folha impressa pela computador onde os seus resultados são comparados com a média do departamento.

Segundo o chefe do departamento, os pontos que podem ser mais facilmente corrigidos dizem respeito aos aspectos objetivos do ensino tais como a adequação do livro texto adotado, clareza na organização do quadro

negro, rapidez na correção das provas, etc. Foi mencionado também que o horário das aulas exerce uma certa influência sobre o desempenho do professor. Em geral as aulas ministradas entre 10 e 12 horas e entre 14 e 16 horas têm melhor aproveitamento. Os resultados desta avaliação são levados em consideração na programação do docente.

Ao final do curso o chefe do departamento entrevista individualmente os alunos formandos para uma avaliação global da educação obtida na instituição. Encontra-se em vias de implantação a aplicação de um questionário especificamente para os formandos onde estes deverão salientar os aspectos positivos e negativos do curso como um todo.

Todo ano é escolhido pelos alunos-formandos o professor do ano, e as homenagens são prestadas em um almoço de confraternização com todo o corpo docente, organizado pelos alunos.

#### 4 O PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE DOCENTES NO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA UNICAMP

O processo de avaliação de docentes pelos alunos do Departamento de Engenharia Mecânica da UNICAMP teve origem há alguns anos atrás por iniciativa própria de alguns docentes que julgaram importante receber estas informações dos alunos. O próprio docente processava os resultados da avaliação da sua turma. Posteriormente, o Centro Acadêmico resolveu tomar a iniciativa destas avaliações mas elaborou um questionário demasiadamente longo não tendo coordenado de maneira efetiva a sua distribuição e o seu recolhimento, o que teve como resultado um índice muito baixo de participação dos alunos. Em seguida a Comissão de Ensino do Departamento ficou responsável por uma destas avaliações, porém não voltou a realizá-las. Atualmente o processo continua por iniciativa própria dos docentes.

O que se pode perceber é que existe uma intenção, tanto da parte dos professores quanto dos alunos em implementar um programa deste tipo. O que falta, além de uma melhor organização, é a definição de quem deva ser o responsável pela elaboração, aplicação e compilação dos questionários. O questionário deve ser padronizado, pois já circularam pelo Departamento questionários das mais variadas formas. Seria interessante que a compilação dos resultados fosse feita de uma maneira mais rápida e objetiva com o auxílio do computador que poderia também fornecer a média do Departamento.

#### 5 A OPINIÃO DOS DOCENTES DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA UNICAMP

Uma pesquisa de opinião foi elaborada com a finalidade de fazer um levantamento sobre o que pensam os docentes do Departamento de Engenharia Mecânica da UNICAMP a respeito das experiências com estes programas de avaliação. Dos 64 professores que compõem o atual quadro de docentes, 37 responderam a esta pesquisa que, descontados os 10 em afastamento no exterior representam 68,5% do total.

Esta pesquisa apresentou os seguintes resultados:

- a) Você já participou de algum tipo de avaliação de professores pelos alunos?
- |             |             |
|-------------|-------------|
| sim (70,3%) | não (29,7%) |
|-------------|-------------|
- b) Você introduziu mudanças significativas nos seus métodos de ensino em função dos resultados destes programas de avaliação?
- |             |             |                            |
|-------------|-------------|----------------------------|
| sim (46,0%) | não (24,3%) | nunca fui avaliado (29,7%) |
|-------------|-------------|----------------------------|
- c) Você acha que os alunos são qualificados para avaliar o desempenho do professor?
- |             |            |                    |
|-------------|------------|--------------------|
| sim (59,4%) | não (2,7%) | alguns são (35,1%) |
|-------------|------------|--------------------|
- d) Você acha que este tipo de programa deva ser regularmente utilizado?
- |             |             |                 |
|-------------|-------------|-----------------|
| sim (73,0%) | não (10,8%) | não sei (16,2%) |
|-------------|-------------|-----------------|
- e) Você acha que a maioria dos professores acredita que este programa seja importante?
- |             |            |                 |
|-------------|------------|-----------------|
| sim (27,0%) | não (2,7%) | não sei (70,3%) |
|-------------|------------|-----------------|
- f) Você acha que o aluno acredita que ele possa alterar os métodos de ensino dos professores através deste programa?
- |             |             |                 |
|-------------|-------------|-----------------|
| sim (51,3%) | não (13,5%) | não sei (29,7%) |
|-------------|-------------|-----------------|
- g) Na sua opinião os resultados deste programa devem ser do conhecimento?
- |   |         |
|---|---------|
| - apenas do Chefe do Departamento e do professor avaliado | (29,7%) |
| - apenas do corpo docente.....                            | (18,9%) |
| - público.....  | (43,2%) |

Algumas questões foram deixadas em branco por alguns professores e portanto nem sempre o total das percentagens é igual a 100%.

Dos 37 professores que participaram desta pesquisa 70,3% já haviam sido avaliados pelos alunos e um fato relevante a ser salientado é que 65,4% deste total reconheceu ter introduzido mudanças significativas nos métodos de ensino em função dos resultados da avaliação.

Com relação à capacitação dos alunos para avaliar o desempenho do professor somente 2,7% acham que os alunos não são qualificados para esta tarefa, o que é um expressivo voto de confiança no julgamento do corpo docente.

Setenta e três por cento dos professores acredita que este tipo de programa deva ser utilizado regularmente.

O único ponto controvertido revelado por esta pesquisa é sobre a divulgação dos resultados da avaliação. Pouco menos da metade (43,2%) do corpo docente acredita que os resultados devam ser públicos enquanto que

a outra metade (48,6%) entende que a divulgação deva ser restrita, ou seja, apenas entre o corpo docente (18,9%) ou apenas do conhecimento do chefe do departamento e do professor avaliado (29,7%).

Os docentes aproveitaram a oportunidade da pesquisa para fazerem alguns comentários sobre este assunto. Alguns sugeriram uma avaliação por ex-alunos pela isenção no julgamento. Esta proposta somente seria viável se o Departamento tivesse um controle sobre o paradeiro dos ex-alunos, ou houvesse uma associação de ex-alunos que pudesse ficar responsável por esta avaliação. Uma outra sugestão é que o questionário deve ser elaborado para orientar o professor em relação a mudanças necessárias. Existe um consenso que o resultado da avaliação deva ser levado em consideração para a promoção do docente.

## 6 CONCLUSÕES

A maioria dos docentes do Departamento de Engenharia Mecânica da UNICAMP que passou por um processo de avaliação do seu desempenho, acredita que este procedimento deva ser repetido regularmente. O processo de ensino por ser dinâmico, comporta avaliações periódicas do desempenho dos docentes. Além disso, foi dado um crédito de confiança ao julgamento dos alunos por parte dos docentes.

Este processo pode eventualmente apresentar distorções. Algumas vezes os professores mais populares entre os alunos podem não ser os que mais contribuem para a sua formação. Entretanto, a única maneira de se aperfeiçoar este processo é através de sua utilização periódica.

A única questão não devidamente respondida é quem deve ser o responsável pelo programa de avaliação. Acredito que o ideal seria o Departamento assumir esta responsabilidade. Porém, ao fazê-lo, assume também a responsabilidade do monitoramento dos resultados e das providências a serem adotadas em função destes.

## AVALIAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS DA UFSCAR: O PERFIL OCUPACIONAL E A PERCEPÇÃO DO EX-ALUNO<sup>(1)</sup>

*Itacy Salgado Basso \**

BASSO, Itacy Salgado. Avaliação do Curso de Engenharia de Materiais da UFSCar: O perfil ocupacional e a percepção do ex-aluno. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 53-61, 1º sem. 1987.

O estudo do acompanhamento de 96 egressos do Curso de Engenharia de Materiais da UFSCar, diplomados em 1975, 1978 e 1980, foi desenvolvido com o objetivo de apreender a ocorrência ou não de vínculos entre a formação recebida na Universidade e as atividades desempenhadas no processo produtivo. Valendo-se da análise da história ocupacional desses egressos e das suas próprias percepções como estratégias para avaliar o curso, o estudo evidenciou as relações entre a formação profissional potencializada e as exigências reais de qualificação do sistema produtivo. Revelou que o engenheiro de materiais está desempenhando funções com características semelhantes às explicitadas pelos idealizadores do curso como próprias do novo profissional, embora haja indícios de "supereducação" em relação ao trabalho.

Acompanhamento de Egressos. Avaliação de Curso. Perfil Ocupacional. Mercado de Trabalho.

BASSO, Itacy Salgado. Evaluation of the Materials Engineering Course of UFSCar: Occupational profile and perception of the former student. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 53-61, 1st.sem. 1987.

(1) Parte da dissertação de mestrado: *Engenheiro de Materiais: educação e trabalho*, cujo projeto integrou-se à pesquisa nacional "Mercado de Trabalho para Egressos do Ensino Superior" sob a coordenação da CAPES/INEP; contando também com o apoio financeiro da FAPESP.

\* Professora Assistente da Faculdade de Educação da UNESP de Marília e Pesquisadora vinculada ao Núcleo de Pesquisa e documentação do Centro de Educação e Ciências Humanas da UFSCar.

This study is a follow-up of 96 alumni of the Materials Engineering Course of UFSCar graduate in 1975, 1978 and 1980; carried out with the objective of seizing the occurrence or not of relations between their academic background and the activities performed within the productive process. Based on the analysis of their occupational history and their own perceptions, both applied as strategies to evaluate the course, such a study evidenced the relations between the designed professional attributes and the real qualification requirements of the productive system. This investigation revealed that the Materials Engineer is performing professionally with characteristics similar to those set by proponents of the course as being proper to such a new professional, although evidences of super-education with respect to the work performed are shown.

Alumni Follow-up. Course Evaluation. Occupational Profile. Labor Market.

## 1 INTRODUÇÃO

Este artigo sintetiza uma experiência de avaliação de curso realizada através de um estudo de acompanhamento de egressos do Curso de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos.

Trata-se de um trabalho em que se buscou identificar o perfil ocupacional de uma nova especialidade no campo da Engenharia e verificar tendências no processo de absorção do Engenheiro de Materiais pelo mercado de trabalho como alguns dos vários aspectos através dos quais as relações entre Universidade e mercado de Trabalho podem ser examinadas.

No modo de produção capitalista o avanço da ciência é estimulado de forma a garantir o desenvolvimento da tecnologia e, conseqüentemente, das forças produtivas (1). No entanto, o capitalismo, ao expandir a educação universitária, não tem utilizado toda a potencialidade que ele próprio cria. Nesta visão, considera-se que o sistema educacional não se vincula de forma imediata ao sistema de produção, mas de um modo mediato, fornecendo "um saber geral" - apreensão da ciência - "que se articula ao saber específico e prático que é desenvolvido no seio do processo produtivo (2).

De acordo com esta perspectiva teórica, ao se buscarem as relações entre educação e trabalho, considerou-se tanto a possibilidade de ocorrência, como a de não ocorrência, de vínculos entre a formação recebida na Universidade e as atividades desempenhadas no mercado de trabalho.

Ao se tentar responder se o engenheiro de materiais está sendo absorvido pelo mercado de trabalho naquelas funções predefinidas pelo curso como próprias desse profissional, reconhece-se que tanto poderemos encontrar egressos atuando em áreas essencialmente ligadas à formação recebida na Universidade, quanto desempenhando funções pouco ou nada vinculadas àquela formação. Na busca de resposta a esta indagação, abordamos o tema da

avaliação do Curso de Engenharia de Materiais frente às oportunidades de trabalho colocadas aos seus egressos num determinado momento do desenvolvimento industrial brasileiro.

Para esta avaliação, recorreu-se à história ocupacional e às próprias percepções dos egressos do curso como estratégias para analisar as relações entre a formação profissional potencializada e as exigências de qualificação do sistema produtivo.

A história ocupacional e a percepção dos egressos foram levantadas através de questionários auto-aplicáveis numa primeira fase e entrevistas gravadas numa segunda etapa.

A amostra da primeira etapa, segundo orientação metodológica do projeto de pesquisa mais amplo, constituiu-se de todos os egressos do Curso de Engenharia de Materiais da UFSCar formados nos anos de 1975, 1978 e 1980.

Dos 102 egressos formados nesses anos foram recebidos 96 questionários devidamente preenchidos, alcançando-se, assim, 94% dos indivíduos amostrados, índice bastante alto para pesquisa de acompanhamento de ex-alunos.

Na segunda fase do trabalho de campo procedeu-se a 18 entrevistas com o objetivo de reconstituir, de modo mais detalhado e completo, a história ocupacional dos egressos, bem como suas percepções sobre o curso em função da experiência profissional adquirida. A amostra foi determinada levando-se em consideração: o ano da formatura, a modalidade do curso (Metálicos, Polímeros e Cerâmica) e a carreira profissional.

Com bases nesses dados, as análises ora apresentadas focalizam o perfil ocupacional e a carreira profissional dos ex-alunos enfatizando o grau de vinculação entre a formação acadêmica e as funções desempenhadas, bem como as próprias percepções dos egressos sobre essa adequação. Antes, porém, por se tratar de um curso novo na área de Engenharia, torna-se necessário explicitar as características do profissional que ele pretende formar, para que se possam estabelecer as relações entre a formação acadêmica recebida e as atividades desempenhadas pelos egressos no mercado de trabalho.

## 2 A FORMAÇÃO ACADÊMICA E A PROFISSÃO

O curso de Engenharia de Materiais da UFSCar propõe-se a preparar um profissional versátil no manejo de materiais oferecendo condições ao aluno para aprofundamento numa das três modalidades de materiais: metálico, cerâmico e polimérico. O curso conta com corpo de professores altamente qualificado, muitos com doutoramento realizado no exterior, em centros importantes de desenvolvimento das Ciências de Materiais, e com laboratórios bem equipados para o desenvolvimento de suas várias linhas de pesquisa.

No projeto de Currículo do Curso, encontra-se a explicitação das características da atividade profissional do Engenheiro de Materiais. O curso

pretende formar "um profissional que desenvolverá suas atividades no campo da tecnologia dos materiais, desde a procura e obtenção, até sua preparação, processamento e utilização dos mais diversos produtos tecnológicos. Executará esses trabalhos, inspecionará e estabelecerá os processos de transformação. Essa transformação, preparação e utilização dos materiais serão feitas de acordo com suas propriedades e com as condições de uso. O Engenheiro de Materiais realizara controle de qualidade, análises microscópicas, macroscópicas e ensaios para conhecer as propriedades dos materiais. Especificará os materiais e estabelecerá normas técnicas (3).

O desenvolvimento de tecnologia está explícito como atividade da nova especialidade, mas, num primeiro estudo realizado pela UFSCar junto a alguns empresários (4), já ficou evidente a dificuldade de atuação do Engenheiro de Materiais nessa área. Era claro o modelo de desenvolvimento adotado pelo país com importação maciça de tecnologia e quase nenhum desenvolvimento tecnológico nas indústrias nacionais.

### 3 O PERFIL OCUPACIONAL E A PERCEPÇÃO DOS EGRESSOS

A análise do perfil ocupacional dos egressos de Engenharia de Materiais foi realizada considerando-se as características do primeiro emprego após a graduação e as do emprego atual ou mais recente.

Para examinar a carreira profissional, comparam-se as condições de absorção dos egressos nos diferentes momentos do ciclo profissional, focalizando as eventuais mudanças de emprego como estratégias que eles exploram com vistas à adequação da formação acadêmica recebida com a ocupação exercida.

#### 3.1 PRIMEIRO EMPREGO

Seguindo essa linha de análise, o primeiro passo foi verificar o tipo de ocupação conseguida pelos egressos na primeira experiência profissional depois da graduação. Pode-se afirmar que quase todos os ex-alunos alcançados pela investigação conseguiram uma ocupação relacionada à área de Engenharia.

Embora essa constatação represente um dado que aponta para a vinculação entre educação e trabalho, não é suficiente para se afirmar que haja adequação entre a formação recebida no curso e as atividades exercidas no emprego. Um dos métodos utilizados para averiguar essa adequação constituiu-se na tentativa de apreender o grau de relacionamento entre a ocupação exercida e o curso realizado a partir da própria percepção do egresso.

A percepção que os ex-alunos manifestavam do grau de relacionamento da primeira ocupação com o curso de Engenharia de Materiais mostra que, embora a maioria dos jovens engenheiros visualizasse seu emprego como muito (44,6%) e bastante (33,7%) relacionado ao curso, uma parte significativa deles avaliava suas funções como pouco (17,1%) ou nada (4,3%) relacionadas à formação universitária recebida.

A primeira suposição suscitada por tais dados é a de que os ex-alunos que ingressaram no mercado de trabalho em empregos pouco ou nada relacionados ao curso estariam sendo "subutilizados" no desempenho das suas funções, configurando uma situação de desvinculação entre a formação adquirida na Universidade e a sua efetiva utilização no trabalho (5 e 6).

Para delinear o perfil ocupacional do engenheiro de materiais, além da ocupação definida pela Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), procurou-se detectar também os setores nos quais esse profissional exercia as suas funções.

Com base num estudo do SENAI (7) que, partindo das funções como unidades componentes do processo de trabalho, agrupou-as de modo a compor grandes setores e áreas de atividades no interior da empresa, construiu-se uma escala que discriminasse os engenheiros de materiais não só em termos das funções desempenhadas na indústria, como também na universidade e institutos de pesquisa. Assim, além dos setores referentes ao processo de trabalho na empresa industrial (administração, planejamento, produção, suprimento/manutenção e *marketing*), incluíram-se os setores de ensino e pesquisa em institutos.

O setor de planejamento onde se encontravam, segundo o referido estudo, as áreas de desenvolvimento de produtos e processos, desenho, testes e ensaios de laboratório, métodos e processos, projetos e planejamento geral é o que congregava o maior número de egressos do curso de Engenharia de Materiais: aí trabalhavam, pela primeira vez, cerca de 43% da população estudada. Segue, em ordem decrescente, o setor de produção (29,4%) com área de controle de qualidade como a mais importante, o suprimento/manutenção que absorveu cerca de 7,6% dos ex-alunos, vindo depois os setores de ensino superior (6,5%), pesquisa em institutos (6,5%), *marketing* (5,4%) e administração (1,1%).

A estratégia de identificar os setores e áreas nos quais os engenheiros de materiais se colocavam no mercado de trabalho deveu-se à intenção de apreender a adequação entre a formação adquirida na escola e as funções desempenhadas pelos egressos no mundo do trabalho, através da comparação daqueles setores e áreas com as atividades predefinidas pelos proponentes do curso como próprias do engenheiro de materiais.

Na descrição das características da atividade do novo profissional, apresentada anteriormente, há explicitação, principalmente, das áreas de desenvolvimento de materiais e processos, testes e ensaios de laboratório, métodos e processos, que estão ligadas ao setor de planejamento e da área de controle de qualidade vinculada ao setor de produção, de acordo com o estudo do SENAI.

Vários ex-alunos entrevistados referiram-se também à ênfase dada pelo curso à área de desenvolvimento e ao estímulo para pesquisa. Um deles afirma: "na Universidade nós somos preparados pra parte de desenvolvimento de produtos, de tecnologia" (M.K., graduado de 1978).

Como já se fez referência, a busca de novos empregos pode ser entendida como uma das estratégias utilizadas pelos egressos na tentativa de se ajustarem ao mercado de trabalho. Se as mudanças de emprego ocorridas contribuíram para esse ajustamento é o que se pretendeu observar através da comparação entre a situação do egresso na primeira ocupação e as condições de sua utilização no emprego atual ou mais recente.

### 3.2 O EMPREGO ATUAL OU MAIS RECENTE

A comparação entre os setores onde atuavam os engenheiros nas duas situações de emprego evidenciou uma taxa de permanência de 65,9%. Focalizando cada um dos setores, nota-se que as maiores taxas de permanência ocorrem entre aqueles egressos que iniciaram a carreira no setor ensino (83,3%) e planejamento (80,0%).

A procura das áreas ligadas ao planejamento para a primeira ocupação, bem como a tendência de mudanças posteriores para esse setor, refletem a ênfase dada pelo curso às atividades de ensaios a fim de conhecer as propriedades dos materiais, procura e obtenção de novos materiais e novas utilizações, e de processamentos. Essas características da atividade profissional do Engenheiro de Materiais, explicitadas pelos idealizadores do curso no projeto de currículo, coincidem, em parte, com as funções que o egresso procura e está desenvolvendo no mercado de trabalho. Assim, a formação recebida da Universidade parece não apenas estar sendo utilizada, mas também caracterizar o profissional que, ao se colocar no mercado de trabalho, procura as ocupações e os setores onde possa desenvolver as atividades para as quais se sente preparado.

Ainda, quanto aos setores de atividade, é significativo apontar a alocação dos engenheiros formados em cada uma das várias modalidades. Os egressos graduados em Cerâmica colocam-se em maior proporção no setor de planejamento (64,3%), e os graduados em Polímeros, em menor proporção (33,3%). Tal constatação pode ser explicada através das condições em que a indústria de cerâmica e a de polímeros se instalam no país. As indústrias de polímeros são, na grande maioria, empresas multinacionais, de tecnologia sofisticada e importada. Sob essas condições, as atividades de planejamento ligadas ao desenvolvimento de produtos e processos são pouco necessárias demandando menor quantidade de técnicos universitários (8). Entretanto, a área de assistência técnica e de *marketing* tendem em geral a se expandir, empregando 22,2% dos engenheiros de materiais da modalidade Polímeros. Ocorre o inverso com a indústria do setor de cerâmica que possui uma tecnologia em desenvolvimento no país, com predomínio da empresa privada nacional (9). Embora pouco dinâmica, emprega o engenheiro de materiais cerâmicos principalmente no setor de planejamento.

Considerando-se setores e áreas em que os engenheiros de materiais desempenham suas funções como indicadores da maior ou menor vinculação entre a formação recebida e a atividade exercida no mercado de trabalho cons-

tatou-se que 85,6% dos ceramistas conseguem se empregar nos setores e áreas mais relacionados com as atividades próprias do novo profissional. Entre os ex-alunos formados em Metais, 76,0% se distribuem nos setores de planejamento, ensino, pesquisa em instituto e na área de controle de qualidade, enquanto que apenas 59,2% dos engenheiros de materiais que optaram por Polímeros se encaixaram naqueles setores e áreas considerados mais vinculados ao curso. Esses dados mostram que os ceramistas estariam numa situação de maior adequação entre educação e trabalho do que os egressos das outras modalidades.

Sendo o grau de relação entre curso e trabalho uma das formas de se apreender "desvio ocupacional" ou "subutilização", tentou-se verificar a percepção dos engenheiros de materiais a esse respeito, considerando-se os setores de atividades dos empregos atuais. Constatou-se que os setores de ensino, pesquisa em institutos e planejamento são percebidos como os mais relacionados à formação universitária.

Verificou-se, ainda, que ocorria a possibilidade de "subemprego" mesmo quando a relação da função exercida com o curso parecia ser intensa, decorrência da tendência da desqualificação do trabalho.

Essa questão da "subutilização" foi inferida também através de uma escala construída a partir de algumas asserções que pretendiam captar a percepção dos egressos sobre sua situação de trabalho. A escala, construída de acordo com a técnica Guttman, abrangia quatro asserções, a partir das quais se pôde inferir a situação de ajustamento ou desajustamento em que o egresso se encontrava em seu trabalho atual ou mais recente (10).

Os dados obtidos através da escala revelaram que, mesmo nos empregos considerados muito relacionados, há índices de desajustamento. Esses dados evidenciaram que, em relação aos setores do emprego, o de pesquisa em institutos e ensino são os mais vinculados à formação adquirida no curso, pois aí estão os maiores índices de profissionais ajustados. Em seguida surge o setor de planejamento, indicando que, mesmo nesse setor, considerado o *locus* por excelência para a atividade do engenheiro de materiais na empresa, existe um índice relativamente alto de egressos em situação de relativo desajuste (23,2%) e de "subutilização" (11,6%). O *marketing* se configura como o setor de menor número de ex-alunos ajustados.

Os dados sobre a situação de ajustamento evidenciaram também que os egressos de 1980 são os menos ajustados às suas situações de trabalho, confirmando os resultados de que eles se encontram em menor proporção em áreas mais vinculadas ao curso. Tal constatação induz a crer que estava ocorrendo uma certa restrição no mercado de trabalho para os egressos mais recentes se alocarem em empregos mais relacionados à formação recebida na Universidade. Os resultados sugerem, ainda, que a problemática do "subemprego/subutilização" deve ser entendida como decorrência do próprio processo de trabalho, com a simplificação e parcelarização das atividades. Conforme aponta Kawamura (11), com a importação em larga escala da tecno-

logia, uma parte dos nossos engenheiros passou a desempenhar funções parcelares e rotinizadas, sem controlar o conjunto do processo de trabalho, sem ter autonomia para decidir sobre as tarefas a serem executadas. Esse trabalho parcelar e alienante acaba gerando uma insatisfação, na medida em que o profissional não utiliza suas capacidades reais no desempenho de suas funções.

#### 4 CONCLUSÕES

A partir dos dados analisados, pode-se afirmar que o Curso de Engenharia de Materiais define o profissional que forma, pois o egresso busca no mercado de trabalho aquelas ocupações para as quais se sente preparado. A maioria dos ex-alunos conseguiu empregos nos setores e áreas da empresa cujas funções coincidem, em parte, com aquelas previstas pelos proponentes do curso como próprias do engenheiro de materiais. No entanto, mesmo entre aqueles egressos que se empregaram no setor de planejamento e na área de controle de qualidade, há indícios de "supereducação" em relação ao trabalho, levando a crer que, mesmo nas ocupações mais vinculadas ao curso, o nível de qualificação exigido pelo mercado está abaixo da qualificação proporcionada pela Universidade.

Os egressos que atuam no ensino superior e nos institutos de pesquisa, ao perceberem uma vinculação maior entre educação e trabalho e ao se considerarem ajustados em seu trabalho, evidenciam a questão da reprodução. Trabalham no mesmo contexto em que estudaram, ou numa situação próxima, no caso dos institutos de pesquisa, não enfrentando o mundo novo, representado pelo trabalho no sistema produtivo. A ruptura com o curso fica mais evidente entre os egressos que se empregam na indústria.

Constatou-se também que as oportunidades oferecidas pelo mercado de trabalho parecem ter limitado as possibilidades de adequação entre educação e trabalho para os engenheiros de materiais graduados mais recentemente (1980), obrigando-os a aceitarem ocupações menos vinculadas à sua formação. São eles que se declararam menos ajustados às condições de trabalho.

A questão da vinculação ou desvinculação entre educação e trabalho também variou segundo a modalidade do curso, pois as chances de os egressos se inserirem em ocupações mais ou menos vinculadas à sua formação dependeram das condições de expansão dos vários ramos industriais, do tipo de tecnologia (nacional ou importada), que acabam por determinar a possibilidade de uma atuação mais inovadora.

O relativo desajuste dos engenheiros de materiais no mercado de trabalho está, portanto, relacionado ao tipo de profissional demandado pelo setor industrial brasileiro. Enquanto a preparação desse profissional está voltada para desenvolvimento de materiais e processos, a maior parte da indústria, na sociedade brasileira, demanda, principalmente, técnicos voltados para a produção ou apoio à produção e não para pesquisa e criação de tecnologia.

As perspectivas futuras para o engenheiro de materiais com relação à sua inserção no mercado de trabalho, nas áreas privilegiadas para a sua atuação, e, em consequência, do próprio curso, parecem depender de uma política que possibilite o desenvolvimento de tecnologia nacional e a absorção efetiva de tecnologias produzidas no exterior.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) BRAVERMAN. H. *Trabalho e capital monopolista*. Rio de Janeiro, Zahar, 1977.
- (2) VELLOSO, J. *Educação, ensino superior e trabalho*. Brasília, UnB/Faculdade de Educação, 1984. Mimeo, p.26.
- (3) UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. Departamento de Engenharia de Materiais. *Projeto do currículo do Curso de Engenharia de Materiais*. São Carlos, 1974. Mimeo, p.6.
- (4) DEVOS, Patrício A. *Adaptação do futuro engenheiro de materiais da UFSCar ao perfil atual do empresariado*. São Carlos, UFSCar, 1972. Mimeo.
- (5) OLIVEIRA, Elza de Andrade. *Educação e emprego entre os egressos da Universidade Federal de São Carlos*. São Carlos, UFSCar, 1984. Mimeo.
- (6) TEDESCO, J. C. Educação e emprego industrial: uma análise a partir de dados censitários 1960-1970. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, (41):74-82, mai., 1982.
- (7) SILVEIRA, M. L. Faraone. *Mão-de-obra de nível médio - nível médio no processo de trabalho industrial*. São Paulo, SENAI, Departamento Regional de São Paulo, 1983. Mimeo.
- (8) PIRRÓ E LONGO, Waldimir. *Tecnologia e soberania nacional*. São Paulo, Promocet-Nobel, 1984.
- (9) ANUÁRIO BRASILEIRO DE CERÂMICA. São Paulo, Associação Brasileira de Cerâmica, 1982.
- (10) BASSO, Itacy Salgado. *Engenheiro de Materiais: educação e trabalho*. São Carlos, UFSCar, 1985. (Dissertação de Mestrado). Mimeo. Ver detalhes sobre a construção da escala, p.99 e 100.
- (11) KAWAMURA, Lili Katsuco. *Engenheiro: trabalho e ideologia*. São Paulo, Átila, 1979.

## TECNOLOGIA E HUMANISMO (1)

Hermes Ferraz \*

FERRAZ, Hermes. Tecnologia e Humanismo. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 62-75, 1º sem. 1987.

O autor propugna pela realização da autocrítica da função do engenheiro, no sentido de situá-lo dentro do corpo social da comunidade. Demonstra que o caráter humano da engenharia revela-se, sobretudo, nas obras urbanas; a tecnologia é matéria e humanismo é espírito. Assim, o engenheiro, ao transformar a matéria, atua sobre o espírito do indivíduo que a utiliza e, por conseguinte, produz instrumentos de vida. Para isso, o engenheiro faz prevalecer a ciência dos fins sobre a ciência dos meios. Ao construir cidades, o engenheiro compenetrar-se-á de que existe uma relação íntima entre o ambiente e o comportamento do homem que, como elemento da biosfera, deve preservá-la para sua própria sobrevivência. A cidade, como ambiente humano, deve oferecer condições físicas para o homem viver e atuar de maneira humana. A tecnologia adquire, então, funções éticas, para permitir altos padrões de vida.

Humanismo. Engenharia. Tecnologia. Ambiente. Urbanismo.

FERRAZ, Hermes. Technology and Humanism. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 62-75, 1st. 1987.

The author advocates a selfcriticism of the function of the engineer with respect to his social environment. Shows that the humane character of engineering is reflected mainly through urban works; technology is matter while humanism is spirit. Thus, the engineer, by transforming matter, acts upon the spirit producing instruments of life; the science of goals prevails upon the science of means. As the builder of cities the engineer must understand the strong relationship between man's environment and behaviour, who, as element of the biosphere, must preserve it for his own survival. The city, as a humane environment must offer physical conditions as to permit humane life and attitudes. Technology gains, therefore, ethical functions to permit really elevated standards of living.

Humanism. Engineering. Technology. Environment. Urbanism.

(1) Conferência pronunciada no Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná em 4 de agosto de 1986.

\* Membro do Conselho Técnico da ABENGE. Coordenador da Div. de Urb. do Inst. Eng<sup>a</sup> SP.

## MATÉRIA E ESPÍRITO

O convite formulado pela Diretoria Geral do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, que muito nos honrou e penhoradamente agradecemos, para desenvolver o tema "Tecnologia e Humanismo", constitui uma demonstração inequívoca do vigoroso passo que o ensino de Engenharia vem atualmente dando, no sentido de realizar uma auto-análise das funções do engenheiro, tendo em vista o aprimoramento do desempenho de suas atividades no mundo moderno, para construção do mundo futuro. Na realidade, vem ganhando corpo, no Brasil, a idéia de que a Engenharia não constitui apenas uma série de disciplinas baseadas na física, na química, e orientadas quantitativamente pela matemática, operação esta, há muito tempo, denominada "bom senso", por um professor; mas há de ser, isto sim, uma profissão cujos resultados devem trazer ao homem a possibilidade de, cada vez melhor, desempenhar suas funções sociais.

"Tecnologia e Humanismo", tema este colocado com muita felicidade, convida-nos a refletir sobre as condições em que a Engenharia, ciência da transformação da matéria, há de ser posta a serviço do homem, considerado, não apenas como ser composto pela matéria organizada pela natureza, mas também como ser espiritual, ou seja, a matéria organizada dotada de espírito. A preocupação com esta condição dos produtos da Engenharia vem tornar o engenheiro um profissional consciente de suas verdadeiras funções na sociedade. Disto decorre a importância capital que assumem estes momentos de reflexão, sobre a realização das obras de Engenharia e o destino do homem. Tecnologia é matéria, e humanismo é espírito. Todas as vezes que dois ou mais fatores entram em processo de combinação, eles exercem influência mútua, modificando-se em suas características; daí a necessidade de refletir, sobre até que ponto a matéria exerce influência sobre o espírito humano, e até onde o espírito humano é capaz de dominar a matéria, e transformá-la em bens utilizáveis de maneira humana.

Ao constatar esta reciprocidade, vamos verificar que o homem atingiu um estágio de conhecimentos capaz de exercer um incomensurável poder sobre a matéria e transformá-la em instrumentos de altíssimo potencial, e estes exercem influência sobre o espírito humano, de acordo com a potencialidade de cada um. Se, por um lado, o homem tornou-se construtor de tecnologias altamente poderosas, e está se tornando cada dia mais capaz de aumentar o poder da matéria, tendendo para o infinito, por outro lado, o homem tem extremamente limitada sua força espiritual de suportar esse poder que ele mesmo outorga à matéria. Decorre desta observação que, enquanto os engenheiros estiverem produzindo, manipulando e administrando as tecnologias de maneira racional, isto é, dentro dos limites da capacidade do homem de suportá-las, a Engenharia está exercendo uma função social, e portanto, humana; mas quando a resistência do homem é ultrapassada pelo excesso tecnológico, a Engenharia torna-se irracional e desumana, por transformar o homem, de beneficiário de suas obras, em vítima de suas monstruosidades.

Estas observações devem sensibilizar os professores, sobretudo os de Engenharia, e levá-los a proceder a uma profunda reflexão sobre o conjunto de disciplinas ministradas nas universidades, e nas faculdades isoladas, destinado a formar o profissional chamado "engenheiro", que não é aquele que transforma a natureza bruta, a matéria bruta, em instrumentos para efeitos brutais, que podem destruir o homem, tanto em seu corpo, como também em seu espírito; mas sim, formar homens capazes de produzir instrumentos tecnológicos destinados a auxiliar a vida humana, ou melhor, destinados a ser instrumentos de vida.

Isto é extremamente imprescindível, porque as instituições governamentais brasileiras, ligadas ao ensino da Engenharia em particular - lideradas pelo Ministério da Educação, MEC - estão fazendo sentir a necessidade de uma revisão dos planos de ensino, para melhor caracterizar o engenheiro, levando em consideração as necessidades nacionais previstas como resultantes dos planos gerais de desenvolvimento do País. O parecer do então Ministério da Educação e Cultura, de nº 480/75 enfatiza a necessidade de "educar o engenheiro sobre as conseqüências sociais de seu trabalho e prepará-lo para a solução dos problemas sociais, (...) e a necessidade de ser dada ao engenheiro uma visão global do papel por ele a ser desempenhado, tendo em vista o atual desenvolvimento do País". A preocupação com a tecnologia e o humanismo vem demonstrar o quanto este Centro Tecnológico interessado em sensibilizar o engenheiro para os problemas das reações humanas provocadas por suas obras e máquinas e refletir, tendo em vista a busca de novos conceitos, traçar novos rumos e estratégias, e humanizar suas ações.

É necessário refletir, para ser possível estabelecer um novo conceito de "Engenharia", adaptado à realidade da vida humana. E o verdadeiro sentido da vida humana, buscado por todas as sociedades de todos os povos e raças, está baseado no senso de comunidade que os instrumentos tecnológicos deverão formar e aperfeiçoar, mas nunca destruir. Se alguém procura compreender alguma coisa, é porque desejará, mais cedo ou mais tarde, entrar em ação; e quando surge a oportunidade de agir, o homem o faz de acordo com a compreensão formada a priori: a natureza da ação é sempre o reflexo da natureza da compreensão. Assim, ao atuar no meio social, o engenheiro age sempre de conformidade com os princípios da matéria, pautando suas decisões de acordo com os conceitos adquiridos na escola sobre a tecnologia, e neste contexto, deixa-se conduzir pelos caprichos da natureza tecnológica do ambiente, culminando por organizar este ambiente de acordo com os interesses, nem sempre racionais, da tecnologia, obrigando o homem a adaptar-se a eles. Esta é a razão pela qual o predomínio da tecnologia, que não conhece as necessidades espirituais do homem, tem-no despersonalizado e desumanizado.

Ao levar em consideração a presença humana na realização de suas obras, o engenheiro faz prevalecer a ciência dos fins, cujo objeto é o homem social, sobre a ciência dos meios, cujo objeto são os instrumentos tecno-

lógicos. Isto leva o engenheiro a recusar-se a satisfazer certos desejos descomedidos do homem e a não se submeter passivamente a suas exigências, tanto racionais quanto irracionais. Não é o que o homem quer, mas o que ele necessita; e o engenheiro, como conhecedor dos poderes da tecnologia, deverá fornecê-la ao homem na exata proporção, adequada a seus fins humanos. O engenheiro é um profissional cômico de que um de seus deveres impostergáveis, é o de conhecer o significado humano de suas operações técnicas, através das quais desempenha seu papel social; mas este conhecimento somente se tornará possível, dentro da compreensão das regras que norteiam o comportamento do homem, ao fazer uso dos produtos da Engenharia. A autoridade do engenheiro atual repousa apenas em seu conhecimento sobre a matéria; mas ele deve reconhecer, humildemente, o quanto pouco sabe a respeito do mundo e do homem que o habita, e a forma pela qual os instrumentos tecnológicos estão modificando a vida humana, e também a vida não humana, que lhe dá apoio e alimento.

Ao conhecer o mundo humano e ao agir de acordo com esse conhecimento, o engenheiro assume o papel de verdadeiro político da democracia, pois não distribuirá a tecnologia a esmo, unicamente para lisonjear o povo, em benefício próprio, mas com o fim de proporcionar-lhe a verdadeira vida. A euforia pelos triunfos tecnológicos não deve suprimir a razão.

#### ENGENHARIA HUMANIZANTE

Na euforia das conquistas sobre a natureza material, no sentido de aperfeiçoá-la para seu uso e prazer, o homem julgou esgotadas as possibilidades do conhecimento e dominação sobre seus bens; mas esqueceu-se de que, ele próprio, é igualmente um bem da natureza, e também deverá ser conquistado e dominado em suas descabidas ambições individualistas; isto leva-o a fazer uso adequado dos produtos materiais transformados, sem destruir-se, física, intelectual e moralmente. A riqueza de uma nação não se mede apenas pela quantidade de recursos minerais existentes em seu subsolo, nem pelas poupanças acumuladas; mas o próprio homem passa a constituir a matéria-prima mais preciosa a ser preservada e aperfeiçoada, e por isso, deve engajar-se no esforço em busca do conhecimento cada vez mais realístico de si mesmo, no sentido de controlar suas ambições irracionais. Desta proposição decorre a necessidade de o engenheiro, ao lançar-se na luta pela conquista da natureza, realizá-la sem destruir a personalidade humana. Do contrário, a Engenharia tornar-se-á uma profissão predatória, tanto material quanto espiritual, e até moralmente.

Nossa proposta é, então, no sentido do estabelecimento de uma Engenharia humanizadora, na qual, tanto os engenheiros quanto os demais homens se libertem de seu estado de "coisas", para recuperarem sua condição humana. Aqui, a desumanização é concebida como a ação daqueles que "roubam" o caráter humano do indivíduo, na ânsia de ter sempre mais, em lugar de procurar ser cada vez mais. Ninguém vive sozinho; ao contrário, a vida é uma reciprocidade, em comunhão, na busca harmônica do bem comum. Sem

esta comunhão, os homens continuarão, cada vez mais intensamente, a ser confundidos com as coisas que criam. Toda modernização tecnológica traz consigo profundas modificações sociais, tanto na estrutura da sociedade, como no comportamento de seus membros; e todo avanço tecnológico a ser implantado em qualquer ambiente social, há de estar subordinado a um projeto global de estrutura social, aqui compreendida pelo conjunto de valores materiais, morais e espirituais, em perfeito equilíbrio. A Engenharia antiga destinava-se a proporcionar a cada homem, de maneira calculada, o ambiente material desejado individualmente; mas a Engenharia moderna ampliará seus cálculos para a construção da sociedade, organizando seu espaço e dosando seus instrumentos materiais, dirigindo, assim, a vida social em direção ao desenvolvimento humano.

A prática da Engenharia social torna-se, agora, a máxima preocupação dos engenheiros. Isto porque, as pesquisas modernas realizadas pelos psicólogos e sociólogos, revelaram a existência de uma relação, profundamente íntima, entre o ambiente e o comportamento do homem. O estudo da genética, por exemplo, demonstrou que os homens nascem todos iguais do ponto de vista do comportamento - exceção feita, naturalmente, às anomalias psíquicas -; mas, dizem os cientistas das ciências humanas, se os homens adotam comportamentos diferentes, é porque vivem em ambientes diferentes. Este novo conhecimento sobre o homem traz, por conseguinte, uma nova responsabilidade para o engenheiro: a de preparar ambientes corretos para nele desenvolver-se a vida humana. Disse Harrison: "*O que explica diferenças tão tremendas de comportamento, entre os organismos biológicos semelhantes? Desconfio que seja o ambiente particular de cada um*". Kingsley Davis escreveu que há dois fatores influenciando no desenvolvimento da personalidade humana: o fator biogênico e o fator sociogênico.

Isto vem significar que, para o engenheiro conseguir compreender o homem e comandar os seus atos, não deve perder de vista o fato de ser, a personalidade humana, o produto inevitável do respectivo ambiente. O engenheiro torna-se, então, um dos maiores responsáveis pela formação da personalidade. Esta conclusão leva-nos a refletir sobre a possibilidade de a Engenharia imprimir um novo rumo para a marcha da civilização que se desenvolve, não espontaneamente, mas sob a inteira dependência da vontade do homem. Nada existe feito pelo homem que não possa ser destruído ou corrigido por ele; e se uma civilização, obra do homem e não da natureza, avança, recua e desaparece, é porque seus homens adquirem, através do conhecimento, a capacidade de conduzi-la, ou perdem essa capacidade, pela perda do conhecimento e da razão. Se isto acontece em face da ação do homem, não existem motivos para protelar a preparação dos engenheiros de modo a torná-los capazes de determinar os rumos das sociedades e das civilizações. Hoje em dia, já não mais se aceita a teoria, dominante nos tempos antigos, do determinismo, ou destino, isto é, a teoria da eclosão dos acontecimentos sem causa. Assim como se pode planejar a vida do homem pela política e pela educação, pode-se também planejar a vida humana através dos planejamentos dos ambientes formados pelos instrumentos

tecnológicos, com a ajuda dos quais os homens entram em ação.

#### A BIOSFERA COMO AMBIENTE HUMANO

Teilhard de Chardin criou o termo "biosfera" (apud TOYNBEE, 1979, p. 22) para definir aquela película composta pela terra firme, água e ar, envolvendo a esfera terrestre. Sabe-se que esta película é extremamente delgada, e portanto, limitada em seu volume; por isso, oferece um estoque de recursos, renováveis e não renováveis, também sensivelmente restrito, destinado à manutenção da vida. Antes da criação do homem, a biosfera sempre foi capaz de sustentar a vida por um processo de auto-equilíbrio, ou auto-regulagem, que nenhum elemento material orgânico, ex-orgânico e inorgânico, conseguiu perturbar. Foi exatamente este auto-equilíbrio de forças minuciosamente ajustadas, que permitiu à biosfera manter a vida em caráter permanente. A biosfera torna-se, então, auto-perservadora em virtude da interdependência dinâmica de seus elementos componentes.

Com o evoluir da vida para formas cada vez mais aperfeiçoadas, surgiu o homem como resultado final - até agora - desses aperfeiçoamentos; e o homem passou a fazer parte da biosfera, em perfeita harmonia com os demais elementos, dos quais tornou-se, necessariamente dependente. Esta harmonia permaneceu até o dia em que o homem tomou consciência do ambiente, ao descobrir as propriedades dos materiais que o compõem; igualmente tomou conhecimento de si mesmo, ao descobrir seus próprios poderes, os quais passou a aperfeiçoar. Com isto, o homem vem modificando o ambiente de maneira, em parte racional e em parte predatória, ao retirar dele os elementos, não somente aqueles necessários à vida, mas também aqueles utilizados para alimentar seus apetites egoísticos, tais como sustentar seus prazeres e mesmo assegurar seu poder de destruição sobre os outros homens.

Ao adquirir a consciência de si mesmo e do ambiente, o homem tornou-se o primeiro dos ocupantes da biosfera mais poderoso do que ela. Na verdade, esta potencialidade permitiu ao homem pôr em prática planos capazes de impedir a natureza de destruí-lo, como ela fez com muitas outras espécies de animais. No entanto, o caráter descomedido do homem fê-lo ultrapassar suas necessidades de sobrevivência e acabar destruindo a própria biosfera. Este descomedimento, sem dúvida, torna-se terrivelmente catastrófico, pois destrói, inexoravelmente, os recursos necessários à manutenção da vida, o que significa, a destruição do próprio homem, como castigo imposto pela natureza.

A destruição da biosfera tem sido compensada com uma mais perfeita forma de vida? A vida, transformada na angústia da competição e do conflito, parece constituir o salário que o homem está pagando pela destruição do único habitat físico que tem a probabilidade de possuir. Sem dúvida, a humanidade tornou-se extremamente poderosa, mas também tornou-se sinistramente má, em virtude da cegueira, do descomedimento, da ambição

e do egoísmo dos homens. Esta maldade, este individualismo no explorar a biosfera, chegaram a tal ponto, que a natureza, hoje, já não consegue mais, por seus próprios recursos naturais, restabelecer o equilíbrio de seus elementos, rompidos pela voracidade humana. E o homem é mau, por ter plena consciência do que está fazendo por intermédio de suas decisões. Esta conclusão constitui uma "chamada à ordem", para todos os profissionais universitários, sobretudo para os engenheiros, no sentido de concentrarem o pensamento e os esforços, a fim de evitar que nossos atos venham agredir a natureza a tal ponto, qua acabem por tornar a biosfera inabitável, pela exaustão de seus recursos materiais, morais e intelectuais. Além de ser finita e limitada em suas dimensões, a biosfera é também finita e limitada em seu poder de auto-renovar-se.

A firme convicção de que a biosfera, no futuro, tornar-se-á inabitável, leva o homem a tomar consciência da necessidade de introduzir nela um fator moral, uma consciência ética, que condena toda a irracionalidade do uso indevido dos bens existentes na natureza. Esta consciência ética é exclusiva do homem. No momento em que o ser humano despertar sua consciência para os problemas globais de sua vida, ele admitirá, certamente, a existência de homens bons, que agem no interesse da humanidade, não visando a seus benefícios pessoais. A necessidade de preservar a biosfera não é um sacrifício, mas sim um dever de todos quanto dela tiram proveito. Tanto a natureza humana quanto seus atributos de percepção consciente e a consciência moral, ou ética, fazem parte da biosfera; e somente nela os seres vivos encontrarão as condições de existência. A ética começou a fazer parte da biosfera, no momento em que o homem adquiriu a consciência de si mesmo e do mundo, completando, desta forma, sua tríplice constituição material-espiritual-moral, reunidas como um ramo da árvore da vida.

O despertar do homem para a ação consciente determina o momento inicial de sua real presença na biosfera; não foi, portanto, o fato de ter adquirido sua anatomia biológica, mas, realmente, no momento em que, depois de abandonar seus instintos, passou a realizar atos sociais auxiliado pela tecnologia, isto é, começou a agir munido de instrumentos. A partir desse instante, o homem adquiriu a capacidade de transformar o ambiente de forma intensa e deliberada. Não obstante este grande avanço intelectual, o homem ainda não completou a compreensão de sua própria natureza humana, o que só recentemente vem conseguindo; falta-lhe adquirir a compreensão da finalidade de sua própria existência, e por isso ainda não domina todas as maneiras de vivê-la, sem deteriorar o ambiente que a sustenta. Na situação em que o homem se encontra, na presença de uma superpopulação sem precedentes, as conseqüências do relacionamento do homem com seu ambiente transforma a vida humana num problema extremamente grave e de urgente solução. Porém, o mais urgente é conscientizar cada engenheiro desse perigo iminente, o que requer o acionamento das instituições de pesquisa e ensino, voltadas para os objetivos globais, do homem e da preservação da natureza.

Não bastam as soluções corretivas das distorções no uso dos bens fornecidos pela natureza, correções estas que exigem grandes sacrifícios individuais e sociais, por serem altamente onerosas, perigosas e anti-econômicas; a orientação mais acertada é a da não desfiguração do ambiente, seja natural, seja artificial - como as cidades - o que vem livrar a sociedade inteira do dispêndio de esforços brutais para sua recuperação e preservação, representando desperdícios de matéria e de energia. Isto vem obrigar as instituições humanas a reverem suas finalidades e metodologias, tendo em vista, não tanto corrigir os efeitos das agressões ao ambiente, mas sim, evitar a ocorrência de tais agressões. A preocupação com o problema da preservação ecológica deve ser precedida de julgamentos de valores humanísticos, não apenas da parte dos indivíduos interessados na produção, mas, sobretudo, da parte dos homens do poder público, como tomada de consciência para a preservação da qualidade das relações entre o homem e seu meio - incluindo o outro homem -, no presente e no futuro.

Viver permanentemente no perigo exige do homem estar consciente e permanentemente preocupado com a restauração do equilíbrio natural rompido; na verdade este novo equilíbrio é meramente aparente e falaz, para o qual a sociedade se vê na obrigação de pagar elevado tributo. O homem tem reagido às agressões de seu ambiente por meio do confinamento a um subambiente artificial, de confiabilidade, eficiência e eficácia duvidosas. Se apurarmos os custos diretos desse confinamento, como proteção, e juntarmos aos custos sociais decorrentes, vamos concluir, com amargura "que o produto bruto de cada nação, e sobretudo o dos países industriais, sofre uma sensível redução, tanto sob a forma de lucros não realizados, como sob a forma de despesas corretivas" (GEORGE, 1973, p.15).

#### HUMANISMO E AMBIENTE URBANO

Uma atividade em que o engenheiro desempenha suas funções humanísticas, com grande realce, é na construção das cidades, onde a humanidade quase inteira está passando a viver. O ambiente urbano, como o ambiente do homem e não da tecnologia, é o ponto de partida de todas as reflexões sobre o bem-estar do cidadão, e não se pode admitir a existência de outro fator mais importante, essencialmente universal. Mesmo em sua função privada, de trabalhar para o sustento próprio e de sua família, e de reproduzir-se para a perpetuação da espécie, o homem exerce atividades sociais, razão porque a sociedade deve estar constantemente interessada em seu trabalho, quer na multiplicação - renovação e aumento - de seus membros, quer na organização da cultura para o aperfeiçoamento destes. A humanização da tecnologia urbana começa quando o engenheiro passa a pensar nos instrumentos urbanos, não como destinados ao uso e gozo do cidadão, individualmente, mas como elemento de ação comum de intercâmbio e de reciprocidade, em perfeita ordem de solidariedade.

O homem deve exercer suas funções dentro de uma esfera social, organizada em sua estrutura física, constituindo uma comunidade de pessoas

possuidoras de instrumentos - máquinas, edifícios, ordenamentos legais - capazes de reunir os homens e de estabelecer sadio sistema de relações entre eles. A vida real do homem, dito civilizado, transcende as condições impostas pela vida biológica outorgada pela natureza, em dois aspectos fundamentais. Uma das características dessa transcendência é que, a partir das condições necessárias à vida biológica natural - alimentação, abrigo - os homens criam outras condições, não naturais - a vida social e o uso de instrumentos são exemplos -, constituindo uma força condicionante de sua vida natural. A existência humana seria impossível sem as coisas, naturais e transformadas, e estas transformações são feitas pelo próprio homem. Disto resulta o segundo aspecto da transcendência da vida biológica: o condicionamento do homem pelo próprio homem através das coisas produzidas. A natureza, então, perde sua hegemonia no dirigir a vida humana, repartindo essa responsabilidade com o homem. Esta afirmativa vem jogar por terra a idéia arraigada na mente de muitas pessoas, da fatalidade, do determinismo, da predestinação, para acusar a natureza, sobretudo a natureza humana, por todas as desgraças ocorridas no universo, e pelos erros cometidos pelo homem contra a raça humana, como uma fuga espetacular à própria responsabilidade.

É bom que os engenheiros prestem atenção a esta particularidade de seu trabalho, que não é apenas de fabricar instrumentos, ou construir implementos urbanos, mas também de organizá-los convenientemente, antes de colocá-los ao serviço do homem; porque a convivência perfeita do mundo objetivo das coisas naturais, artificiais e de pessoas, somente pode triunfar por meio da submissão de todas estas coisas a uma perfeita organização. Do contrário, seria a negação do mundo humano. O engenheiro deve organizar a tecnologia urbana de tal maneira, que ela possa, de modo racional, condicionar os cidadãos para possibilitar-lhes usufruí-la como seres humanos. Do contrário, o condicionamento social se transforma num enjaulamento, ou, na melhor das hipóteses, em escravidão.

A cidade, em sua concepção mais profunda, constitui uma invisível rede de laços humanos que unem os homens entre si, através de redes de casas, de locais de trabalho e de transportes, laços esses que constituem os elementos invisíveis da sociedade. Considerar a cidade unicamente sob o prisma de seus elementos físicos é, não apenas mutilar a sociedade urbana, através da eliminação do homem social, mas também criar uma cidade irracional. Para a raça humana, o mundo real tem sua existência assegurada pela presença de todos os homens que formam uma sociedade urbana, cujo interesse fundamental é o bem comum; estão, portanto, unidos pelos laços criados por esse interesse. Mas a cidade não é criadora desses laços unificadores, tarefa esta inerente ao homem em sua vivência em comum: a cidade é a criadora das boas condições necessárias para o estabelecimento e a perpetuidade desses laços. No momento a partir do qual a cidade, em seu crescimento, altera estas condições para pior, mediante um planejamento e projeto irracionais, dá-se o rompimento dos laços unificadores e a sociedade entra em decadência moral e espiritual; e, assim, é ar-

rastadas para a decadência política e econômica.

Na implantação dos instrumentos tecnológicos urbanos, o objetivo visado não é a construção de uma cidade mecânica, mas sim formar uma civilização de homens humanos. Os vôos desordenados da tecnologia, acompanham os vôos da imaginação dos engenheiros, dos arquitetos, dos industriais e dos homens poderosos, felizmente, estão chegando ao fim, pois o urbanismo, agora apoiado nas ciências humanas e na tecnologia, estabelecerá os elos de ligação entre a tecnologia e o homem social, entre a matéria transformada e a vida; o urbanismo torna-se, assim, a organização do ambiente urbano. O homem, portanto, somente pode ser compreendido, em sua plenitude, quando estudado juntamente com a tecnologia, isto é, munido de instrumentos; como estes comandam suas ações, o homem torna-se em suas atividades e pensamentos, um ser artificial, pois já não mais age e interage livremente; é a tecnologia que condiciona sua conduta. Pode-se mesmo afirmar que a história do homem coincide com a história das descobertas e conquistas tecnológicas.

Nunca existiu aquela chamada "era tecnológica"; na verdade, o que existiu foi um evoluir dos instrumentos. Sua intensificação explosiva deu-se com a Revolução Industrial, que multiplicou sua fabricação e aumentou seu poder e por isso, tornou-se o apanágio dos tempos modernos. *"Empunhar um instrumento quer dizer empunhar um mundo e um futuro. O homem tem, deste modo, os meios para ordenar a natureza e a sociedade segundo previra antes e colocá-la sob seu controle"* (PARSONS, 1969, p.182). Isto somente acontecerá quando os homens da tecnologia aprenderem a manejá-la em harmonia com a natureza humana. O indivíduo tem de viver na cidade, o que significa viver com seus semelhantes, e tem de submeter-se à ação da tecnologia, sob pena de perecer como membro da sociedade. Sobre ele a tecnologia impera impessoal, fria e inexoravelmente; ela não tem espírito, mas atua sobre o espírito do homem; quando implantada e posta em ação, a tecnologia produz, inevitavelmente, o efeito para o qual foi construída.

A tecnologia das construções, por exemplo, levanta barreiras à ação do indivíduo por ocupar um espaço por onde a população não poderá passar; constitui também verdadeiros canais por onde o cidadão é conduzido, mesmo contra sua vontade, porque ninguém poderá ficar indeciso ante o uso ou o não uso da tecnologia; esta possui o poder de retardar, acelerar e direcionar as ações humanas, ao aumentar as capacidades físicas dos indivíduos.

#### TECNOLOGIA E ÉTICA

A tecnologia proporciona padrões de vida em níveis mais elevados e melhora a saúde pública, concorrendo para fazer crescer a média de vida dos cidadãos; mas pode também massificar o homem urbano, e com isto, abalar os alicerces da sociedade. Os professores de engenharia e os engenheiros não podem permanecer alheios a esta e a outras flagrantes contradições. As transformações sociais operadas pela tecnologia não se verificam ape-

nas no trabalho - o que já é importante -; estendem-se para a modificação de todo o ambiente do homem, seus meios de vida, seus hábitos, seus modos de pensar e sua alimentação. Mas o mais irracional de tudo isso é que o homem, ao ter de adaptar-se a esse mundo tecnológico, também se transforma em sua mente e em seu espírito. O homem "*é feito para o contato com coisas vivas, e vive em um mundo de pedra*" (ELLUL, 1968, p.331).

Uma sociedade dominada pela mentalidade mercantilista, por exemplo, reluta sempre em aceitar qualquer invenção que não seja portadora de um grande rendimento em dinheiro. Daí ver-se ela em constantes dificuldades para induzir seus membros ao cultivo de outros valores básicos, necessários à realização do bem comum. O progresso somente é concebido em termos do acúmulo de riqueza, e relegam-se a plano secundário os valores morais e espirituais. Para alcançar o humanismo tecnológico, será necessário levar a efeito uma revisão dos conceitos de progresso social, para que as coisas destinadas ao uso de acordo com sua natureza intrínseca, tragam modificações ambientais cada vez mais perfeitas, de acordo com a natureza humana. Já vai distante o tempo em que a tecnologia, sobretudo a urbana, era controlada para fins estéticos; hoje, porém, este controle se faz tendo em vista a organização social; seus fins são, portanto, éticos por excelência. Mas a grande maioria das sociedades ainda não percebeu que vive embasada em um ambiente físico, e possui, como membros, indivíduos permanentemente submetidos a um sistema de forças exteriores que lhes dirigem a vida, sistema este ainda não coordenado pela sociedade. "*Tomar a sério os novos progressos na revolução tecnológica significa ver as novas possibilidades e ameaças para a vida humana que estão latentes neles*" (SHAUL, 1968, p.224).

Trata-se, portanto, de um dever moral a ser cumprido com coragem e paixão, pois constitui o elemento fundamental da atitude modernizante humanística. A tecnologia dirigida para os fins sociais adquire uma significação moral muito mais importante: ela passa a constituir o elo de ligação entre a sociedade e seus membros, mas num nível mais elevado: agora é a sociedade que, coordenando a tecnologia, dirige seus membros para a realização do bem comum. Esta mudança de enfoque vem revolucionar profundamente a administração pública e a política, que, assim, adquirem maiores poderes no comando do comportamento dos cidadãos. A tecnologia não é mais aquela força autônoma gerada pelos indivíduos e pelos grupos de interesses, para pressionar políticos e governos, e levar a sociedade ao caos; a tecnologia não é mais aquele poder estranho, desconhecido, exterior e independente da sociedade; mas agora a sociedade lança mão da tecnologia para bem governar seu povo, e outorgar-lhe condições ambientais adequadas.

Mas, para se colher bons frutos deste processo, é necessário conhecer todos os poderes da tecnologia. Os engenheiros possuem os meios para modificar a matéria e os processos naturais, ligando, assim, a natureza ao homem por meios dos instrumentos. A natureza faz parte do patrimônio cultural do homem; sua transformação deve ser também humana, humanizando,

assim, o instrumento, o que transforma este num poderoso agente moral. Nestas condições, o emprego dos instrumentos - a tecnologia - como propriedade individual privada, deve ser dirigido para fins éticos, ou sociais, e não para a exploração do cidadão. Cabe aos políticos e aos administradores públicos - não é relevante serem engenheiros - como guardiães da moral da comunidade, humanizar os instrumentos tecnológicos; isto não se faz, porque todos deixam-se levar pelas exigências irracionais da população, cujos objetivos são de caráter puramente individualista. Cabe aos guardiães da moral comunitária discernir, conscientemente, entre as necessidades sociais e os desejos fantasiosos e interesseiros dos cidadãos.

## A TECNOLOGIA E O ENGENHEIRO

O diálogo entre a universidade - os estabelecimentos de ensino superior - e a sociedade, através do ensino da Engenharia, se realiza, em significativa medida, por intermédio das construções urbanas, muito embora as obras não-urbanas, em geral de grande vulto, também desempenhem papel relevante nesse diálogo. As obras urbanas - edifícios, pontes, viadutos, abastecimento de água, saneamento, geração e distribuição de energia, transportes e fabricação de veículos, etc., exercem influência sobre muito mais pessoas, porque dão apoio a uma população, com significativa frequência concentrada, uma vez que essas obras constituem os instrumentos da vida cotidiana do cidadão. Por isto é vedado ao engenheiro renunciar à obrigação de se interessar pelos efeitos sociais da criação, construção e administração dos instrumentos urbanos, qualquer que seja o motivo dessa renúncia, mesmo sob a idéia de ser esta uma questão para os sociólogos e arquitetos-urbanistas resolverem. Esta obrigação torna-se ainda mais relevante, porque os profissionais da Engenharia, frequentemente, têm de tomar decisões autônomas na determinação das políticas de desenvolvimento urbano, sobretudo no desempenho de cargos do poder público.

As sociedades atuais já possuem, e põem à disposição dos engenheiros, um número suficientemente grande de conhecimentos - técnicos, humanos, sociais - no sentido de colocá-los no nível do conhecimento capaz de orientá-los nas decisões sobre a utilidade de suas obras. As escolas de Engenharia não podem permanecer fechadas em si mesmas, mas têm de perceber o caráter interdisciplinar da Engenharia social, e abrir suas portas para a participação das disciplinas das ciências humanas. Os engenheiros não devem pretender ser apenas bons desenhistas de instrumentos, e saber construí-los com perfeição. Tais engenheiros são de um valor inapreciável para a direção de uma empresa industrial. Mas a sociedade precisa também de engenheiros que assumam o sagrado compromisso de zelar pelos interesses sociais.

## CONCLUSÕES

Diante de tudo o que foi exposto, podem-se estabelecer vários temas

para uma reflexão sobre o preparo do engenheiro com vistas ao exercício da Engenharia voltada para a organização do ambiente social. Dentre os temas de reflexão, destacaremos a necessidade de alertar os construtores, manipuladores e administradores da tecnologia, sobre o efeito de suas obras e máquinas no comportamento dos indivíduos, e proporcionar a estes a tecnologia adequada, em qualidade e quantidade, capazes de gerar comportamentos socialmente positivos, isto é, a tecnologia que realmente conduza os indivíduos à busca do bem comum. Um segundo tema para reflexão é sobre a necessidade de o engenheiro estar preparado para saber o que acontece com a matéria transformada. É também imprescindível que os engenheiros conheçam os meios pelos quais certos fatos acontecem na vida humana e sejam encorajados a fazer uma autocrítica de sua função técnica, para verificar se não são eles mesmos, os geradores dos fatos indesejáveis. Um terceiro tema a ponderar, é quanto ao conhecimento do ponto, até o qual, suas realizações estão concorrendo para o bem estar comum, e a partir do qual, o fornecimento da tecnologia está aviltando o comportamento do homem perante a sociedade. Finalmente, destacaremos um quarto tema para reflexão, relativo às obras urbanas: o engenheiro deve ter conhecimentos suficientes para ser capaz de organizar a vida urbana, através da organização da planta física da cidade, dispondo suas obras de maneira adequada.

O engenheiro deve ter a certeza de que suas obras irão produzir resultados materiais, e por isso indaga: que tipo de estrutura devo empregar? Mas é necessário indagar, também: que espécie de homem vou formar? A integração do engenheiro na sociedade não é um slogan, nem é uma força de expressão, em geral usada em discursos laudatórios; o engenheiro sai da escola já integrado na sociedade; se ele está consciente disto, se ele age bem ou age mal, depende do preparo que ele recebe nas faculdades. Os indivíduos precisam dos engenheiros para a solução de seus problemas pessoais; mas a sociedade também precisa de engenheiros que saibam atender a seus interesses globais. Engenheiros com tais conhecimentos são imprescindíveis, para que não se agravem os problemas sociais, sobretudo os problemas urbanos.

O mundo está perplexo ante o fato de que, depois de tanta tecnologia avançada, depois de tanto urbanismo, inclusive o chamado progressista, surge o descalabro urbano das cidades cheias de problemas que se avolumam na medida em que crescem, comprometendo a qualidade da vida, enquanto a tecnologia cada vez mais aperfeiçoada vai tomando conta da vida do homem, e os capitalistas se enriquecem. Isto nos vem ensinar, entre outras coisas, que a busca indiscriminada de resultados apenas materiais, gerados pela tecnologia, não tem sido suficiente para realizar, em sua totalidade, a vida do homem, não obstante o derrame de bilhões de cruzados em seu aperfeiçoamento. Cabe ao engenheiro mudar este estado de coisas, organizando, racionalmente a tecnologia, dentro dos verdadeiros princípios éticos do urbanismo.

## REFERÊNCIAS

- DAVIS, Kingsley. A Sociedade humana. Rio de Janeiro/São Paulo, Fundo de Cultura, 1964.
- ELLUL, Jacques. A técnica e o desafio do século. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1968.
- FERRAZ, Hermes. A formação do engenheiro, um questionamento humanístico. São Paulo, Ática, 1983.
- FERRAZ, Hermes. A humanização da cidade. São Paulo, Inédito.
- FERRAZ, Hermes. Transporte e desenvolvimento social. São Paulo, inédito.
- FROMM, Erich. A sobrevivência da humanidade, Rio de Janeiro, Zahar, 1966.
- FROMM, Erich. Análise do homem. Rio de Janeiro, Zahar, 1974.
- FROMM, Erich. Psicanálise da sociedade contemporânea. Rio de Janeiro, Zahar, 1976.
- FROMM, Erich. Anatomia da destrutividade humana. Rio de Janeiro, Zahar, 1979.
- FROMM, Erich. Ter ou ser. Rio de Janeiro, Zahar, 1979.
- GEORGE, Pierre. O meio ambiente. São Paulo, Difusão Européia do Livro, 1973.
- HARRISON, Albert A. A psicologia como ciência moral. São Paulo, Cultrix/EDUSP, 1975.
- PARSONS, Howard. Moral e sociedade. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1969.
- SHAULL, Richard. Reação e mudança. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1968.
- SKINNER, B. F. Ciência e comportamento humano. São Paulo, Martins Fontes, 1978.
- TOYNBEE, Arnold. A humanidade e a mãe-terra. Rio de Janeiro, Zahar, 1979.

## A FALHA DA SEGURANÇA DO TRABALHO ESTÁ NO ENSINO?

Carlos Augusto Sperandio \*

SPERANDIO, Carlos Augusto. A falha da segurança do trabalho está no ensino? *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 76-84, 1º sem. 1987.

O autor analisa as reações causa - efeito dos diversos diplomas legais, programas de formação de profissionais e a informação sobre o assunto constante dos cursos de graduação no país. Conclui que o tema é muito abrangente e só surtirá efeito quando o sistema educacional reconhecer a importância de, desde cedo, incutir nas pessoas a consciência prevencionista.

Segurança do Trabalho. Engenharia de Segurança. Educação em Segurança.

SPERANDIO, Carlos Augusto. Is the failure in work safety due to teaching? *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 76-84, 1st. sem. 1987.

The relation between cause and effect from several pieces of legislation, short courses for professionals, and directions on safety programs in graduation courses offered in Brazil, are analyzed by the author. His conclusion is that the theme is so broad that goals will be achieved only, when the educational system gives it the right importance, opting for the strategy of including in every discipline a conscience towards safety.

Work Safety. Engineering of Safety. Education for Safety.

\* Engenheiro Civil, Engenheiro de Segurança do Trabalho e Mestre em Ciências.  
Professor Adjunto do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - CEFET/PR.

## INTRODUÇÃO

Sempre que se depara com deficiências de ordem organizacional coletiva, comumente buscam-se as soluções de duas formas básicas:

- a) através da repressão - criando penalidades das mais diversas, sendo a grande maioria de ordem pecuniária;
- b) através da orientação - formalizando estruturas, normalmente de caráter oficial, que, na maioria das vezes e principalmente no Brasil, distorcem rapidamente seus objetivos.

Com relação à segurança do trabalho o quadro nacional não é diferente. Se nas várias nações administrativamente mais adiantadas do mundo, a legislação trabalhista é relativamente recente, no Brasil pode-se dizer que ainda é embrionária.

Inicialmente o que se pretende colocar neste artigo é a essência básica no trato da questão. Nota-se pelas atitudes, leis, portarias, e políticas adotadas todas tratando com ênfase os efeitos da segurança do trabalho, dando enorme importância ao elevado número de acidentes de trabalho e de doenças profissionais detectadas pelo não-confiável quadro estatístico mantido pelo sistema previdenciário.

A proposta básica deste trabalho é o repensar das causas dos elevados números de acidentes do trabalho, e outros, além das doenças ocupacionais, a partir do sistema de ensino, focado fundamentalmente como o meio mais importante de atingir a população - a forma educativa desde a mais tenra idade.

## EVOLUÇÃO DA SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

- 1556: Inglaterra - Georg Bauer - analisa os acidentes mais comuns em minas de ouro e prata na Inglaterra;
- 1567: Inglaterra - Paracelso - relaciona trabalho com doença, principalmente as intoxicações causadas pelo mercúrio;
- 1700: Itália - Bernardino Ramazzini - relaciona 50 profissões diferentes com uma série enorme de doenças;
- 1760 a 1830 - Inglaterra - Período da Revolução Industrial - surge a relação capital-trabalho;
- 1802: Inglaterra - 1ª lei da proteção dos trabalhadores "Lei de Saúde e Moral dos Aprendizes";
- 1833: Inglaterra - "Factory Act";
- 1842: Escócia - primeiros exames médicos pré admissionais e periódicos;
- 1946: França; 1954: Estados Unidos; 1956: Espanha - serviços médicos obrigatórios nas empresas;
- 1958/9: Genebra: 42ª e 43ª Conferências Internacionais do Trabalho - "Recomendações para os Serviços de Saúde Ocupacional - 1959".

## PRINCIPAIS INSTRUMENTOS LEGAIS BRASILEIROS

- 1965: Lei Nº 4.891 de 09/12/65, concede isenção de direitos para a importação de equipamentos de segurança e higiene do trabalho sem similar nacional;
- 1967: Lei Nº 5.280 de 27/04/67, proíbe a entrada no País de máquinas sem dispositivos de proteção e segurança do trabalho exigidos pela CLT;
- 1968: Decreto Nº 62.465 de 26/03/68, dispõe sobre a importação e desembaraço de máquinas pela periculosidade inerente a seu uso, devem ser munidas de guarda protetora contra acidente (Lei Nº 5.280);
- 1972: Plano de Valorização do Trabalhador - Portaria Nº 3.237 torna obrigatório no país os serviços de segurança, higiene e medicina do trabalho, para empresas com mais de 100 (cem) empregados;
- 1974: Lei Nº 6.195 de 19/12/74, atribui ao FUNRURAL a concessão de prestação por acidente de trabalho;
- 1975: Surge o MPAS, desmembrado do MTb;
- 1976: Lei Nº 6.367 Lei de Acidentes de Trabalho - modifica Portaria Nº 3.237;
- 1976: Lei Nº 6.338 de 07/06/76, inclui as ações de indenização por acidente de trabalho entre as que tem curso nas férias forenses;
- 1977: Lei Nº 6.514, reformula a CLT, com a criação do atual sistema de segurança e medicina do trabalho;
- 1978: Decreto Nº 81.834 de 22/02/78, dispõe sobre a concessão de gratificação por atividades com raios X ou substâncias radioativas e outras vantagens, previstas na Lei Nº 1.234 de 14/11/50;
- 1978: Portaria Nº 3.214 de 08/06/78, regulamenta o disposto no Art. 200 da CLT, através das Normas Regulamentadoras;
- 1979: Decreto 83.080 de 24/01/79, aprova o Regulamento dos Benefícios da Previdência Social;
- 1979: Decreto 83.081 de 24/01/79, aprova o Regulamento do Custeio da Previdência Social;
- 1985: Lei Nº 7.410/85, dispõe sobre a especialização de Engenheiros e Arquitetos em Engenharia de Segurança do Trabalho e a profissão de Técnico em Segurança;
- 1986: Decreto Nº 92.530/86, regulamenta a Lei Nº 7.410/85.

## ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

Não caberia nesta apresentação discutir os quadros estatísticos de acidentes de trabalho. Porém é importante uma análise sobre os resultados das políticas de segurança de trabalho até o presente.

Pelas deficiências de colonização, organização sócio-econômica, o Brasil sempre pecou pelo altíssimo grau de improvisação em tudo que aqui foi e é feito. Essa improvisação é resultado da generalizada deficiência cultural, que permitiu criar e estabelecer regras sociais, basicamente promovendo as pessoas apenas pelo seu poder econômico, independente da forma que ele tenha sido obtido, gerando e consagrando uma estupenda inversão de valores. Em suma, não são importantes os meios de se atingir determinados objetivos e sim apenas o objetivo-fim e desde que este apresente excelente resultado financeiro.

Dentro deste enfoque, a primeira grande distorção no processo educativo, onde a filosofia era (ou ainda é) cumprir programas, aprovações em massa, proliferação de diplomas, etc., de forma que o quadro estatístico escolar no país, apresentasse resultados de forma ascendente... em quantidade, porém foi grotescamente esquecida a qualidade do ensino!

Este tipo de convivência social ou convivência da sociedade permitiu o aparecimento de problemas que poderiam existir, mas por certo seriam de menor intensidade, como baixa produtividade, elevadas perdas materiais e humanas, as quais se traduzem em mais um ônus à uma economia combalida desde os mais remotos tempos.

Identificada a causa maior e seus inúmeros efeitos, racional seria inicialmente combater a(s) causa(s), no entanto, ainda como resultado das deficiências anteriormente citadas, busca-se sempre combater os efeitos através da criação de instrumentos e instituições, as quais resultam em estruturas inchadas cheias de apadrinhados políticos.

Uma atividade, seja qual ela for, social ou trabalhista, só será bem executada, se apresentar os melhores resultados técnico-econômicos. A segurança na execução desta atividade está implícita dentro dos dois campos, portanto inerente à técnica e à economia. Como o quadro era difícil de ser revertido em sua causa básica, buscou-se organizar o combate aos efeitos através da área denominada Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho, como pode ser denotado pela legislação anteriormente citada.

O conceito de segurança e higiene da OIT, deixa bem claro como se deve tratar o problema, ou seja a preocupação fundamental com o homem a partir dos instrumentos de trabalho. Também a desinformação das peculiaridades individuais tornam impossível estabelecer parâmetros definidos. Assim, ao nosso ver, o único profissional capacitado para alterar, compatibilizando produção-produtividade - técnica-rendimento entre equipamento e trabalhador é o engenheiro, o que possui formação básica para tal, cabendo ao médico determinar, através dos exames pré-admissionais e periódicos, a adequação do indivíduo ao perfil profissiográfico estabelecido para determinadas atividades, realimentando o engenheiro com resultados dos exames periódicos. Em suma, o engenheiro pode alterar as instalações, os equipamentos e os processos a favor das melhorias das condições humanas e econômicas, enquanto o médico é um importante elo de li

gação para fornecer informações para tais alterações, que devem visar a eliminação das condições de periculosidade e insalubridade. Os laudos médicos que apresentam condições específicas de insalubridade e/ou periculosidade só deveriam poder ser utilizados visando a indenização do trabalhador (ridícula diga-se de passagem) após esgotados todos os esforços técnicos para amenizá-los ou eliminá-los.

Finalmente o direito de saber só será obtido se, primeiramente for propiciado no processo educativo do cidadão as informações básicas e, em segundo plano, fixar a necessidade desta pessoa continuar num processo de auto-educação a busca interminável de informações complementares.

Paralela e analogamente à especialização de engenheiros e arquitetos em Curso de Engenharia do Trabalho, o Ministério do Trabalho (MTb) realizou em caráter prioritário os cursos de Médico do Trabalho para profissionais pleno da área médica, ambos ao nível de pós-graduação e cursos de Supervisores de Segurança e Enfermeiros do Trabalho a possuidores de diploma de 2º Grau.

Embora em caráter prioritário, receberam tal titulação aproximadamente (1):

20.000 - engenheiros de segurança  
18.000 - médicos do trabalho  
70.000 - supervisores de segurança  
60.000 - enfermeiros do trabalho

A disputa do mercado de trabalho entre estes profissionais, pressupostamente criado pela Portaria Nº 3.237 de 1972, e acentuadamente diminuído pelas Leis Nºs. 6.367 de 1976 e 6.514 de 1977, vem inclusive gerando questões judiciais à qual profissional é de direito emitir laudos periciais sobre insalubridade.

"Em 1950, a Organização Internacional do Trabalho (OIT) definiu: - A segurança e a higiene do trabalho são conceitos indivisíveis e deverão ser tratados como dois aspectos de um mesmo problema, isto é, a proteção dos trabalhadores" (2), e também:

"Consideramos que o aumento de suscetibilidade à exposição ambiental a qualquer substância tóxica ou agente físico é um conceito específico, forçado. Para substâncias como chumbo, dissulfeto de carbono, ruído, radiações ionizantes, nenhum ser humano está isento, porém não é possível predizer qualquer resposta individual, fixar doses individuais" (2), e mais adiante:

"Em virtude da regulamentação da obrigatoriedade de Serviços Especializados de Medicina do Trabalho em estabelecimentos de trabalho, ocorrida em 1972 e vigente a partir de 1976, criaram-se em inúmeros estabelecimentos de ensino, privados e públicos, cursos noturnos chamados de "especialização". Infelizmente, a maioria destes cursos foram ministrados em instituições sem infraestrutura de recursos e ma-

teriais próprios e sem qualquer experiência em cursos de graduação. Esta plethora de cursos conferiu certificados de "especialização" a mais de 16 mil médicos, maioria dos quais foi exposta a não mais de alguns rudimentos técnicos deste campo" (3).

Embora os cursos de especialização de Engenheiros do Trabalho, não possam ser conceituados tão radicalmente, pois a engenharia nacional, nessa época, já apresentava um avanço técnico e tecnológico razoável, sofreu também um certo desgaste, pelas seguintes razões:

- a) não havia professores habilitados para lecionarem em tais cursos, escolhendo-se os que (às vezes) possuíam maiores conhecimentos e experiências nos assuntos que compunham o programa do curso;
- b) a orientação partira do Ministério do Trabalho e não do Sistema Educacional (Ministério e Universidades);
- c) foi um programa desenvolvido a curtíssimo prazo, com alto grau de imprevisto;
- d) elevados custos, tanto para órgãos (estado, sociedade) quanto para os alunos e não gerou retorno para ambos (profissional/sociedade).

Com relação ao esquema brasileiro de segurança do trabalho:

"... o esquema brasileiro de segurança do trabalho divide as responsabilidades pela prevenção dos acidentes entre trabalhadores, empresários e governo, ou seja, preconizando numa cooperação entre esses três elementos, tal como ocorre nos demais campos trabalhistas... Ao governo cabe o papel de elemento de apoio ou nas seguintes formas:

- 1) Normativo: Estabelecendo normas sobre HST (Congresso, Previdência, Ministério);
- 2) Fiscalizador: No cumprimento das referidas normas através das DRTs;
- 3) Judiciário: Julgando os casos controversos;
- 4) Assistencial: Assistência médica (INAMPS) e pecuniária (INPS);
- 5) Educativo: Definindo os currículos dos cursos de formação de profissionais de Seguros e Medicina do Trabalho, formação de mão-de-obra especializada, desenvolvimento de estudos e pesquisa sobre o assunto e divulgação dos resultados destes trabalhos..." (4).

Parece-nos que embora citado na forma sintética, o item 5 - educativo necessita ser focado sob outra ótica.

Primeiramente, não deve ficar exclusivamente sob a responsabilidade do governo, embora este deva ser o gerente da sociedade, mas a participação efetiva desta sociedade através de suas pequenas células, principalmente aquelas formadas por profissionais com conhecimento de causa. Este ponto é colocado, pois, na forma que a sociedade brasileira atual-

mente enxerga, a simples existência destes profissionais de Segurança e Medicina do Trabalho, elimina a responsabilidade das demais pessoas.

Segundo, enquanto perdurar este enfoque, não se produzirá o efeito de conscientização individual e o direito e obrigação de cada indivíduo de ser responsável por si próprio e suas ações.

*"... as obrigações impostas por lei estipulam a formação de especialistas e garantem estas condições equitativas, o que não deixa de ser fator importante, sobretudo nos países em desenvolvimento, pode-se estabelecer a proteção da saúde no local de trabalho como obrigação permanente e, sendo assim, todas as partes interessadas deverão respeitar certas normas mínimas, que não poderão ser modificadas devido a outras prioridades ou a flutuações econômicas; afinal cada lei nacional sobre segurança e saúde dos trabalhadores passou a fazer parte de extensa rede de normas internacionais, e ainda que seja aplicada em parte, contribui para o progresso social e para o fomento de idéias e princípios reconhecidos" (5).*

O parágrafo anterior ressalta a importância e a consciência, não apenas profissional, mas principalmente política e social das pessoas que elaboram normas, leis, portarias, instruções, etc., subjugando-se ao julgamento público. Estas atitudes precisam ser melhor estudadas, mais amadurecidas, para evitar-se suas constantes modificações até atingir situações insustentáveis, como por exemplo encontra-se a nação brasileira que além de nova constituição, necessita rever todos seus diplomas legais. Qual o tempo necessário para se reorganizar e colocar para funcionar um país como o Brasil, dentro dos moldes de uma sociedade justa e equilibrada como é desejável?

#### PROPOSTAS

O enfoque principal da educação generalizada sobre segurança e higiene, não só do trabalho, mas de todas as atividades do homem, iniciando concomitantemente com a alfabetização da criança, se levado a uma análise da relação custo/benefício, apresentará resultado otimizado ao extremo, pois imagina-se que toda a estrutura física, toda estrutura curricular e apenas pequenos gastos com material didático adequado e alguns cursos de treinamento para professores, poderão surtir efeito espetacular, levando estas crianças, quando estiverem frequentando cursos técnicos a nível de 2º Grau ou graduando-se em qualquer área profissional de 3º Grau, a possuírem uma consciência prevencionista própria, inerente à sua própria personalidade, auxiliando os profissionais, diminuindo a necessidade do número destes profissionais e entendendo melhor o porque dos programas de otimização gerados pela engenharia de segurança do trabalho.

Indubitavelmente, se programas desta ordem forem desenvolvidos, os impressionantes números que atualmente constam das sensacionalistas esta-

tísticas de acidentes de trabalho e seus respectivos custos deverão diminuir sensivelmente. Provavelmente deixaremos de ter comparações do tipo "o dinheiro que se paga em previsões de seguros seria possível gerar um total de 85 mil empregos".

Neste momento, em que está sendo elaborado pelo Ministério do Trabalho, através da Secretaria de Segurança e Medicina do Trabalho uma pesquisa junto às entidades de ensino brasileiras, para definição dos conteúdos programáticos e dos currículos mínimos dos cursos para formar Engenheiros de Segurança e técnicos (ex-supervisores) de Segurança, os quais serão submetidos a aprovação do CONFEA, faz necessário uma participação efetiva dos profissionais de engenharia, embasados nos princípios da moral, da honestidade e do desejo do engrandecimento técnico-econômico-social deste país, para que estes cursos venham ao encontro dos anseios nacionais.

Da mesma forma e com a mesma atualidade, quando se processa a regulamentação do profissional de Engenharia de Segurança, os conselheiros do sistema CONFEA/CREA'S enfoquem o exercício desta atividade de forma adequada, diferenciando das atribuições e habilitações dos cursos normais de graduação.

#### CONCLUSÕES

- Deve-se colocar um fim aos programas que visam dar soluções aos efeitos e não às causas;
- O sistema trabalhista precisa ser urgentemente reprojeto e reprogramado, sem demagogias e dentro dos conceitos da engenharia social;
- Deve-se acabar de vez com a criação indiscriminada de novos cursos superiores e diminuir o número de vagas dos cursos de áreas menos produtivas;
- As boas regras básicas já desenvolvidas para a segurança do trabalho devem ser estendidas às demais atividades humanas.

#### RECOMENDAÇÕES

- Desenvolver programas nas disciplinas já ofertadas sem criar novas, de programas de educação de segurança e higiene na forma estímulo-resposta adequada às faixas etárias menores, passando à cognitiva apenas na graduação profissional e específica por área, na forma de educação integrada e contínua;
- Sugerir que nos programas didáticos constem a normatização geral das operações, materiais, equipamentos e ferramentas, sendo os primeiros parâmetros definidos em função da segurança, conservação e ma-

nutenção, seguidos dos valores mínimos, médios e máximos recomendáveis e respectivos períodos de vida útil do equipamento;

- Integração imediata entre as várias áreas de interesse da engenharia de segurança;
- Recomendar programas para nível popular, através da mídia;
- Incentivar a produção de bibliografia técnica nacional.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Fonte: União Brasileira de Engenharia de Segurança do Trabalho - UNIEST;
- (2) TUDOR, Talitha do C. Trabalho da Mulher - Revista Brasileira de Saúde Ocupacional Nº 50, vol.13 - 1985 - pág.63.
- (3) MENDES, Renneé e FAVERO, Manildo. Funções de uma Escola Médica no atual contexto da medicina do trabalho no Brasil - Revista Brasileira de Saúde Ocupacional - Nº 51, vol.13 - 1985 - pág.18.
- (4) MATTOS, Ubirajara A. de O. Metodologia para estudos e projetos em higiene e segurança do trabalho "Mephisto" - Revista Brasileira de Saúde Ocupacional - Nº 51, vol.13 - 1985 - São Paulo - Brasil - pág.47.
- (5) L. PARMEGGIANI. A Nova Legislação de Segurança e Saúde dos Trabalhadores - Oficina Internacional do Trabalho (OIT), vol.101, Nº 2, abril-junho de 1982 - "Revista Internacional del Trabajo".
- (6) SEGRE, Marco. Breve estudo da legislação e da Perícia Médica em Acidentes do Trabalho - Revista Brasileira de Saúde Ocupacional - Nº 50, vol.13 - 1985 - pág.55.
- (7) CAMPANHOLE, A. et alii. Consolidação das Leis do Trabalho - Legislação Complementar, Edição de janeiro de 1980 - 52ª Edição, São Paulo, Atlas.
- (8) FUNDACENTRO, Curso de Engenharia do Trabalho - Fundacentro - ed. rev. ampl. - São Paulo, FUNDACENTRO, 1981, 6v. il.

#### O ENSINO DE PROJETOS DE INDÚSTRIAS QUÍMICAS NO "UNIVERSITY COLLEGE" DE LONDRES, INGLATERRA. UM ESTUDO COMPARATIVO COM AS CONDIÇÕES BRASILEIRAS

Gastão Rúbio de Sá Weyne \*

WEYNE, Gastão Rúbio de Sá. O Ensino de Projetos de Indústrias Químicas no "University College" de Londres, Inglaterra. Um estudo comparativo com as condições brasileiras. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 85-96, 1º sem. 1987.

O presente artigo relata a metodologia de ensino de Projetos de Indústrias Químicas, usada no Departamento de Engenharia Química do "University College" de Londres, Inglaterra, em 1985. São mostrados os resultados obtidos naquela Universidade e comparados com os alcançados em Curso de Pós-Graduação de Projetos de Indústrias Petroquímicas, ministrado no Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em 1986. São apresentadas algumas limitações e os méritos dessa metodologia, que são a criatividade, a relevância, as equipes de trabalho, o gerenciamento, a flexibilidade e a responsabilidade.

Projeto. Ensino de Projeto. Engenharia Química.

WEYNE, Gastão Rúbio de Sá. The Teaching of Chemical Industry Design Projects in the University College of London, England. Comparison with brazilian conditions. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 6(1): 85-96, 1st. sem. 1987.

The present paper relates and analyzes the methodology of teaching Chemical Industry Design Projects in the Department of Chemical Engineering at University College, London, England, in 1985. Results are shown as obtained in that University and the ones reached in post-graduate course of Petrochemical Industry Design Project, taught in the Department of Chemical Engineering at the Po

\* Professor Assistente-Doutor do Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

lithecnic School of the University of S. Paulo, in 1986. Some limitations and the merits of this methodology, are presented; they are creativity, relevance, management, teamwork, flexibility and responsibility.

Design. Teaching of Design Project. Chemical Engineering.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Instituição de Engenheiros Químicos ("The Institution of Chemical Engineers") da Grã-Bretanha, a Engenharia Química é o ramo da Engenharia que trata dos processos nos quais os materiais são submetidos às modificações de composição, energia ou estado físico. Trata, além disso, dos diferentes processos, dos produtos resultantes e de suas aplicações em finalidades úteis.

Os Engenheiros Químicos podem trabalhar em diferentes áreas de atividades, que podem ser resumidas nas seguintes: Pesquisa; Desenvolvimento; Administração; Processo; Projeto; Consultoria; Vendas e negócios; Manutenção; Compras; Ensino e Diversos.

No entanto, o que caracteriza e diferencia o Engenheiro Químico entre os diferentes profissionais da Química é a possibilidade de elaboração de projetos de Indústrias Químicas. Evidentemente, em razão da multiplicidade de áreas de atividades em que podem ser envolvidos, poucos são os Engenheiros Químicos que se dedicam exclusivamente a Projetos.

## 2 IMPORTÂNCIA DO PROJETO PARA O ENGENHEIRO QUÍMICO NA GRÃ-BRETANHA

Para o exercício pleno da atividade de Engenharia Química, os graduados por algumas Faculdades ou Universidades do Reino Unido têm que se submeter a um exame de "Design Projects", elaborado anualmente pela Instituição de Engenheiros Químicos da Grã-Bretanha. Essa experiência não atinge determinadas Universidades ou Faculdades desse país como, por exemplo, as Universidades vinculadas à Universidade de Londres.

A aprovação nos exames de "Design Projects" permite ao Engenheiro Químico o exercício pleno da profissão no território do Reino Unido. Esses exames constam da elaboração de um projeto completo, devendo o candidato resolvê-lo no prazo de 1700 horas (três meses). O projeto procura medir a habilidade do candidato para resolver um caso prático, bem como medir sua capacidade de pesquisar, discutir e concluir sobre a viabilidade de um dado processo químico industrial. O uso do Sistema Internacional de Medidas (SI) é obrigatório e as respostas devem se fundamentar na aplicação de princípios básicos obtidos a partir de dados publicados; não devem incluir dados ou detalhes confidenciais de plantas de processos de conhecimento do candidato. Além disso, é dada grande importância à capacidade de concisão do candidato e ao dimensionamento de equipamentos.

O exame de "Design Projects" do "The Institution of Chemical Engineers", aplicado em 1974, tem servido de modelo para os candidatos, com recomendações da aludida Instituição (2). Esse exame é transcrito a seguir no item 2.1 e sub-ítem de 2.1.1 a 2.1.7.

### 2.1 "DESIGN PROJECT" APLICADO EM 1974 PELO "THE INSTITUTION OF CHEMICAL ENGINEERS"

#### 2.1.1 O Projeto

Projetar uma planta para produzir  $1 \times 10^7$  Kg/ano de metiletilcetona (MEK = methyl ethyl ketone).

Alimentação: Álcool butílico secundário.

Utilidades disponíveis: Vapor seco saturado a  $140^\circ\text{C}$

Água de resfriamento a  $24^\circ\text{C}$

Eletricidade a 440 V, trifásica, 50 Hz

Gases de combustão a  $540^\circ\text{C}$

#### 2.1.2 O Processo

O álcool butílico é bombeado dos tanques de armazenamento, passa de um pré-aquecedor aquecido a vapor para um vaporizador aquecido pelos produtos da reação. O vapor deixando o vaporizador é aquecido até a temperatura da reação, pelos gases de combustão que foram previamente usados como meio de aquecimento. O álcool butílico superaquecido é alimentado para o sistema de reação entre  $400^\circ\text{C}$  e  $500^\circ\text{C}$ , onde 90% é convertido, sobre o catalisador latão-óxido de zinco, para metiletilcetona, hidrogênio e outros produtos de reação. Os produtos da reação podem ser tratados por um dos seguintes meios:

- Resfriamento e condensação do MEK nos produtos da reação e uso dos gases de exaustão como combustível para a fornalha.
- Resfriamento dos produtos da reação até temperatura adequada e separação do MEK por absorção em solução aquosa de etanol. O hidrogênio produzido é seco e usado como combustível para a fornalha. Os licores deixando os absorvedores são passados em coluna de extração por solvente, onde o MEK é recuperado, usando tricloroetano. O refinado dessa coluna volta para o absorvedor e o extrato é passado a uma unidade de destilação, onde o MEK é recuperado. O tricloroetano é reciclado para a planta de extração.

#### 2.1.3 Abrangência do trabalho de projeto requerida (Todos os quesitos devem ser respondidos)

- Prepare balanços de massa para os dois processos.
- Com base nos dados de custos mostrados a seguir, decida qual é o processo preferido.
- Prepare um fluxograma de material para o processo preferido.
- Prepare um balanço de energia do sistema préaquecedor-vaporizador-superaquecedor-reator.
- Prepare um projeto de Engenharia para o préaquecedor-vaporizador-su-

peraquecedor-reator e indique o tipo de instrumentação requerida. Prepare um projeto mecânico para o vaporizador de álcool butílico e faça um esquema adequado e com dimensões para ser submetido a um escritório de desenho.

#### 2.1.4 Dados do processo

Temperatura de saída do condensador = 32°C  
 Vapor e líquido em equilíbrio na saída do condensador  
 Poder calorífico do MEK = 41 800kJ/kg

#### 2.1.5 Dados de custos

Preço de venda do MEK	= £9,60 por 100kg
Custo de aquecimento do vapor	= £0,53 por 10 <sup>6</sup> kJ
Custo do casco da torre	= £2 000
Custo dos pratos	= £2 000
Custo do refeedor	= £2 500
Custo do trocador de calor (para a coluna de destilação)	= £8 000
Custo de equipamentos auxiliares para a extração com solventes	= £1 000
Custo da coluna de recheio para absorção e destilação, suportes e distribuidores	= £2 000
Custo com tanques	= £1 000
Custo da instrumentação para controle de toda a planta	= £9 000
Custo da instrumentação para controle da seção de recuperação	= £4 500
Custo da eletricidade para as bombas	= £5 000
Custo total das bombas	= £3 000
Custo da água de resfriamento para toda a planta	= £5 000

#### 2.1.6 Dados do reator

O método simplificado ("short-cut method") proposto na Referência 1 pode ser usado para obter uma estimativa preliminar da altura do leito de catálise do reator. O reator pode ser projetado, usando a equação de velocidade seguinte, obtida na Referência 1 (Obs: Todas as referências são dadas no item 2.1.7).

$$r_A = \frac{C(P_{A,i} - P_{K,i} P_{H,i}/K)}{P_{K,i} (1 + K_A P_{A,i} + K_{AK} P_{A,i}/P_{K,i})}$$

onde  $P_{A,i}$ ,  $P_{H,i}$  e  $P_{K,i}$  são as pressões parciais interfaciais do álcool, hidrogênio e cetona, em bar e as demais quantidades são especificadas pelas equações semi-empíricas seguintes:

$$\log_{10} C = - \frac{5\,964}{T_i} + 8,464$$

$$\log_{10} K_A = - \frac{3\,425}{T_i} + 5,231$$

$$\log_{10} K_{AK} = + \frac{486}{T_i} - 0,1968$$

Nestas equações, a temperatura interfacial  $T_i$  é dada em K, a constante C em kmol/m<sup>2</sup>.h,  $K_A$  em bar<sup>-1</sup> e  $K_{AK}$  é adimensional.

A constante de equilíbrio, K, é dada na Referência 1 (embora a fonte original seja a Referência 2), pela equação:

$$\log_{10} K = - \frac{2\,790}{T_i} + 1,510 \log_{10} T_i + 1,871$$

onde K é dada em bar. Informações úteis podem ser encontradas na Referência 3.

#### 2.1.7 Referências

- (1) PERONS, J.J., THODOS, G.A.I., Chem. E.Jl., 1957, 3, 230.
- (2) KOLB, H.J., BURWELL, R.L., J. Amer. Chem. Soc., 1945, 67, 1084.
- (3) RUDD, D.F., WATSON, C.C., "Strategy of Process Engineering", 1968 (New York. John Wiley & Sons Inc.).

### 3 METODOLOGIA DO ENSINO DE "DESIGN PROJECTS" NO "UNIVERSITY COLLEGE" DE LONDRES, INGLATERRA

Os Cursos de Engenharia na Grã-Bretanha são, em geral, desenvolvidos durante três anos, tendo cada ano três termos. O primeiro termo é dado nos meses de outubro, novembro e dezembro; o segundo, nos meses de janeiro, fevereiro e março e o terceiro, em abril, maio e junho. Os meses de julho, agosto e setembro (meses de verão na Europa) são destinados às férias.

O ensino de "Design Projects" no Departamento de Engenharia Química do "University College" de Londres, Inglaterra, é estruturado para ser progressivamente dado em três anos, sendo que no último é desenvolvido um Projeto de Indústria Química (geralmente Orgânica) completo.

No primeiro ano, os estudantes têm um primeiro contato com Projetos através da disciplina Análise de Processos. Esse Curso inclui exercícios regulares envolvendo balanços de massa e de energia relativamente simples. Outras disciplinas do primeiro ano dão base em Termodinâmica, Fenômenos de Transporte e Operações Unitárias.

No segundo ano, a linha de Projetos continua com o estudo de Processos, onde é dada ênfase a Fluxogramas, Projetos de Equipamentos e Avaliação Econômica. Nessa fase, os alunos elaboram um pequeno Projeto, limitado pelos conhecimentos ainda insuficientes do segundo ano de Engenharia Química.

No terceiro ano, os estudantes realizam um Projeto completo, paralelamente com estudos de Projetos de Reatores, Desenho Mecânico, Seleção de Equipamentos, Lay-out de Plantas e Segurança. Nessa etapa, os alunos realizam o Projeto, obedecendo as fases de Organização, Revisão da Literatura, Análise do Processo, Projetos de Equipamentos (em duas partes), Avaliação Econômica e Escritório de Desenho. O Quadro 1 mostra como se desenvolveram essas etapas no período de outubro de 1984 a maio de 1985, no "University College".

Quadro 1 - Cronograma do Projeto desenvolvido no Departamento de Engenharia Química do "University College" de Londres.

Mês	Estágio do Projeto	Abrangência do Relatório	Itinerário do Relatório	
OUT	Revisão da literatura	<u>Seção 1</u> Seleção do processo Diagrama de blocos preliminar	Entrega	Correção
NOV	Análise do processo	<u>Seção 2</u> Cálculos do processo Fluxograma do processo detalhado	Entrega	Devolução
DEZ	Férias do Natal			Devolução
JAN	Projeto de equipamento (Parte I)	<u>Seção 3</u> Cálculos do projeto Esquema preliminar do equipamento	Entrega	Correção
FEV	Projeto de equipamento (Parte II)	<u>Seção 4</u> Cálculos do projeto Lista de especificações	Entrega	Devolução
MAR	Avaliação econômica	<u>Seção 5</u> Instrumentação Lay-out da planta Fluxograma de engenharia de Custos	Entrega	Devolução
ABR	Semana Santa			Devolução
	Escritório de desenho	<u>Memorial descritivo final</u> Todas as seções e desenhos de equipamentos	Entrega	Correção final

### 3.1 CONTEÚDO E DISCUSSÃO DO "DESIGN PROJECT" DESENVOLVIDO NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 1984 A MAIO DE 1985, NO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA DO "UNIVERSITY COLLEGE" DE LONDRES, INGLATERRA

No período de outubro de 1984 a maio de 1985, o Projeto dado aos alunos do Departamento de Engenharia Química do "University College" de Lon

dres, Inglaterra, referiu-se à produção de etileno via álcool etílico. O cronograma apresentado no Quadro 1 refere-se a um Projeto com o seguinte conteúdo básico:

#### Projeto

Preparar um projeto de processo detalhado e a especificação do equipamento para produzir etileno a partir do etanol. A planta deve produzir 30 000 ton/ano do produto, com um fator de utilização de 90%.

#### Condições do projeto

##### a) Alimentação

Álcool etílico de fermentação é disponível nos tanques de armazenamento nas quantidades necessárias.

##### b) Produto

O etileno produzido deve ter uma pureza de 99,95% (% molar).

##### Utilidades e condições atmosféricas

Água do processo, água para o vapor, ar de instrumentos e gases inertes são todos disponíveis nas condições requeridas pela planta a 20°C.

##### Vapor disponível

Vapor de alta pressão	18,0 bar
Vapor de baixa pressão	2,0 bar

##### Água de resfriamento

Temperatura	25°C
Pressão	4,5 bar ao nível do solo
Temperatura máxima permissível	49°C

##### Eletricidade

3,3 e 11 kV	trifásica	50 Hz
415 V	trifásica	50 Hz
240 V	monofásica	50 Hz-para luzes e instrumentos

##### Condições atmosféricas

Temperatura de bulbo seco	20°C
Temperatura de bulbo úmido	17°C

##### d) Necessidades de estocagem

Serão necessários quatro dias de estocagem do produto.

##### e) Generalidades

A planta será situada em área verde. Deve ser dada atenção à recuperação de calor e, quando possível, o comprimento dos tubos dos trocadores de calor devem ser padronizados para assegurar um mínimo de perdas sobressalentes. Deve ser dada atenção a todos os aspectos de segurança.

### 3.1.1 Metodologia de aplicação do Projeto

O mesmo Projeto foi dado para os estudantes, que se agruparam em equipes de quatro membros, sendo um dos alunos o Chefe da Equipe ("Chairman"). Essas equipes não foram formadas pela livre iniciativa dos alunos, mas em razão de observações do "staff" acadêmico, visando maior homogeneização das equipes. O Projeto apresentado em um ano é mudado nos anos subsequentes. Alguns estudantes de pós-graduação, especialmente Químicos (não Engenheiros) são eventualmente postos como membros das equipes de Projeto.

A supervisão é feita semanalmente por dois professores que acompanham todos os passos do Projeto. Cada equipe dispunha de 30 minutos por semana para, obrigatoriamente, discutir o andamento dos trabalhos. Convém observar que, durante o estágio de pós-doutoramento realizado pelo autor deste trabalho no "University College", nenhum dos alunos faltou a qualquer das reuniões, marcadas no período de outubro de 1984 a maio de 1985, para as segundas-feiras à tarde. A distribuição dos 32 estudantes resultou em 8 grupos de trabalho.

A Revisão da Literatura foi realizada pela equipe em periódicos e publicações de patentes, para o produto em estudo. Cada grupo preparou suas próprias conclusões sobre a linha do processo a seguir e, após discussões entre os grupos, o que permitiu chegar a um consenso, cada equipe elaborou suas próprias conclusões sobre o processo escolhido em comum.

A Análise do Processo foi o passo a seguir, com a conclusão do fluxograma do processo e os correspondentes balanços de massa e energia. Após cada grupo apresentar suas conclusões, em reunião com as demais equipes, os professores supervisores discutiram com os grupos, concluindo-se sobre o melhor caminho a seguir. Baseados nesse fluxograma e nos balanços de massa e energia, os estudantes passaram a elaborar os Projetos de Equipamentos (Partes I e II).

Para o Dimensionamento de Equipamentos, em uma primeira etapa, cada equipe estudou os equipamentos principais (torres de destilação, por exemplo). Essa etapa envolveu também o Projeto Mecânico dos equipamentos principais.

Após o estudo do dimensionamento dos equipamentos principais, cada equipe elaborou o dimensionamento de equipamentos complementares, como bombas, tubulações, trocadores de calor, etc., concluindo o Fluxograma Mecânico.

Na etapa seguinte (Avaliação Econômica), cada grupo elaborou em esquema de instrumentação da planta e seus controles, bem como um diagrama de tubulações. Os dados sobre custos de equipamento, mão-de-obra, matérias-primas, etc., preços de venda e outros dados essenciais foram levantados para os estudos de viabilidade econômica do Projeto.

A etapa final correspondeu a trabalhos de escritório, onde todos os desenhos foram elaborados, após os ajustes finais de cálculos. O traba-

lho foi concluído com a construção da maquete da planta projetada. Para isso, foram usadas miniaturas de equipamentos (torres, trocadores de calor, bombas, tubulações, etc.), existentes no mercado.

A elaboração desse Projeto exigiu dos dois membros do "staff" acadêmico (Mr W.I. McCrindle e Dr. T.P. Elson) uma dedicação integral ao trabalho de orientação, havendo semanalmente uma realimentação ("feedback") para todas as equipes, com sugestões e correções feitas pelos aludidos supervisores.

Entre os méritos apresentados pela metodologia dos "Design Projects", usada no Departamento de Engenharia Química do "University College", McCrindle e Norton (4) citam a criatividade desenvolvida pelos estudantes, a relevância na aplicação de uma estratégia global para a obtenção do produto final, a experiência dos discentes no gerenciamento do Projeto, a importância da atividade integrada de uma equipe, a flexibilidade mostrada pelas diversas linhas possíveis do desenvolvimento do Projeto e a importância do senso de responsabilidade dos alunos participantes.

#### 4 EXPERIÊNCIA DE "DESIGN PROJECTS" EM CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO OFERECIDO NO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Por proposta do autor, ao final de 1985, foi aprovado pelo Conselho do Departamento de Engenharia Química da EPUSP a criação da disciplina PQI-790-Projetos de Indústrias Petroquímicas, que foi oferecida aos estudantes de pós-graduação no 1º semestre de 1986. A ementa da aludida disciplina é apresentada a seguir, no item 4.1.

##### 4.1 EMENTA DA DISCIPLINA PQI-790-PROJETO DE INDÚSTRIAS PETROQUÍMICAS

- . Conversões químicas fundamentais e produtos da Indústria Petroquímica. Critérios para aceitação e desenvolvimento de um Projeto.
- . Cálculos para dimensionamento de equipamentos específicos de uma indústria petroquímica. Uso de computadores.
- . Projeto mecânico básico. Fluxograma de Engenharia. Instrumentação. Utilidades. Isométricos.
- . Armazenamento de materiais e segurança de planta petroquímica.
- . Bases para avaliação econômica de um projeto petroquímico.
- . Prática de elaboração de projeto específico. Estudos comparativos.

##### Bibliografia

- BACKURST, J.R., HARKER, J.H. Process Plant Design, Heinemann, Londres, 1983.
- HATCH, L.F., MATAR, S. From Hydrocarbons to Petrochemicals, Gulf Publishing, Londres, 1981.
- EVANS, F.L. Jr. Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plants, 2ª Ed., Gulf Publishing, Londres, 1980.

O programa constante da ementa anterior foi desenvolvido para quatro

alunos pós-graduandos que se inscreveram no Curso. Além das aulas teóricas, onde foi dado ênfase ao dimensionamento de equipamentos, um cronograma de atividades foi executado, com acompanhamento semanal das atividades desenvolvidas durante a elaboração do Projeto, definido no item 4.2, seguinte:

#### 4.2 PROJETO EXECUTADO PELOS ALUNOS DE PÓS-GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP, EM 1986

##### 4.2.1 Projeto de planta industrial para absorção de gases de purga provenientes de uma unidade de fabricação de amônia

###### Especificações do processo

A unidade é alimentada com uma corrente de gás de purga, proveniente de uma planta de amônia, com a seguinte composição:

Componentes	% volume
Argônio	6,7
Hidrogênio	66,5
Nitrogênio	22,1
Amônia	4,7

A vazão máxima esperada do gás de purga é de 25 000 m<sup>3</sup>/h nas CNTP (0°C, 1,013 bar). As condições de operação são 10 bar e 25°C.

Projetar uma planta para recuperar a amônia nesse gás de purga e produzir amônia líquida a 96,0% (% molar). O produto amônia deve ser armazenado e o gás de purga purificado, queimado.

###### Utilidades e condições atmosféricas

- . Água do processo, ar de instrumentos e gases inertes são todos disponíveis nas condições requeridas pela planta, a 20°C.
- . Vapor disponível
  - Seco saturado a 2 bar
  - Seco saturado a 10 bar
- . Água de resfriamento
 

Temperatura	20°C (68°F)
Pressão de entrada	4,5 bar (nível do solo)
Temperatura máxima permitida	49°C (120°F)
- . Eletricidade
 

440 V	trifásica	60 Hz
120 V	monofásica	60 Hz, para luzes e instrumentos
- . Temperatura do ar 20°C (68°F)

#### 4.3 METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DO PROJETO

O Projeto completo compreendeu a elaboração de fluxogramas de proces

so e mecânico; o dimensionamento de vasos de pressão, trocadores de calor, coluna de absorção, torre de destilação, bombas e tubulações; a apresentação da planta em isométrico e avaliação econômica. Não houve condições para a construção de maquete, mas a apresentação da planta em isométrico, segundo Belanger (5), deu uma idéia global do lay-out da unidade projetada.

O contato semanal com os alunos foi realizado durante três horas por semana, sendo metade do tempo destinado à aulas teóricas e o restante à orientação e verificação do andamento dos trabalhos. O resultado obtido, ao que se julga, foram muito bons, principalmente levando em conta o tempo disponível (14 semanas).

Com essa experiência inicial, o curso será repetido no 2º semestre de 1987, com o mesmo programa e, evidentemente, com outro Projeto a ser desenvolvido.

## 5 CONCLUSÕES

Uma análise das experiências vividas durante o estágio de pós-doutoramento em "Design Projects", realizado no "University College" de Londres, Inglaterra, e na responsabilidade e docência da disciplina de pós-graduação "Projetos de Indústrias Petroquímicas", ministrado no Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, permite concluir o seguinte:

1º) A metodologia aplicada no "University College", que consiste basicamente na elaboração detalhada de um Projeto de Indústria Química, com ênfase na fase de dimensionamento de equipamentos e com acompanhamento semanal de supervisão, tudo a partir de um cronograma de trabalho judiciosamente elaborado, conduz a excelentes resultados. Esse procedimento, além de possibilitar a aprendizagem e a revisão sistemática de conhecimentos para dimensionamento de equipamentos da Indústria Química e de estudos de avaliação econômica do Projeto, dá ao executante uma visão ampla sobre o gerenciamento, criatividade, equipe de trabalho, relevância, flexibilidade e responsabilidade, que caracterizam os grandes méritos do Projeto.

2º) A sistemática obriga aos docentes a uma constante atualização de conhecimentos sobre métodos de dimensionamento de equipamentos, bem como exige desses profissionais um contínuo acompanhamento dos passos dados pelos alunos na realização do Projeto, através de sugestões seguras e correções criteriosas, garantindo uma constante realimentação ("feedback").

3º) A aplicação da metodologia em cursos de pós-graduação no Brasil é perfeitamente viável, verificando-se alguma limitação quanto à aquisição de miniaturas de equipamentos para a confecção de maquetes; essa limitação deve ser substituída por maior criatividade usando materiais existentes, ou pela elaboração de isométricos que dêem uma vista global do lay-out desses equipamentos.

4ª) A complexidade ou a extensão dos cálculos efetuados no Projeto obrigam ao profissional à utilização de Processamento de Dados e ao desenvolvimento de programas em linguagem científica, sem o que a precisão de cálculo e a economia de tempo podem ser prejudicadas. A familiaridade com computadores é, pois, uma ferramenta indispensável que, aliada ao conhecimento das técnicas de dimensionamento de equipamentos, conduz aos resultados desejados.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) WEYNE, G.R.S. Relatório apresentado ao Conselho Britânico e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), sobre estágio de pós-doutoramento no "University College" de Londres, Inglaterra, 1985.
- (2) AUSTIN, D.G., JEFREYS, G.V. The manufacture of methyl ethyl ketone from 2-butanol, The Institution of Chemical Engineers, London, 1979.
- (3) The Institution of Chemical Engineers, Regulations for election to or transfer within the Institution of Chemical Engineers, London, 1983.
- (4) McCRINDLE, W.I., NORTON, C.E. Design training for undergraduate engineers, I. Chem. E. Symposium Series nº 40, London, 1982.
- (5) BELANGER, A. New isometric technique better than plant model, Hydrocarbon Processing, October 1977.

#### ORIENTAÇÃO AOS AUTORES REVISTA 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) Fórum ABENGE; | c) Comunicações;     |
| b) Artigos;      | d) Cartas à redação; |
|                  | e) Resumos de Teses. |

##### 1.1 Fórum 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.

##### 1.5 Resumos de Teses

Os resumos de teses apresentados são obtidos junto às agências financiadoras de pós-graduação.

##### 2 CONDIÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DOS ARTIGOS E COMUNICAÇÕES

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

##### 3 NORMAS PARA APRESENTAÇÃO DOS ORIGINAIS

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

Prof. Marcio F. Giorgetti, editor responsável  
Escola de Engenharia de São Carlos, USP

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

— BIBLIOTECA —

TÍTULO: REVISTA DE ENSINO ENGENHARIA

Vol. 6 N.º 2

Mês \_\_\_\_\_ Ano 87

- DEVOLUÇÃO -

DATA	N.º	DATA	N.º

**NAO EMPRESTADO**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

— BIBLIOTECA —

TÍTULO: REVISTA DE ENSINO ENGENHARIA

Vol. 6 N.º 2

MES: \_\_\_\_\_ ANO: 87

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

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

##### 3.2.1 Complementos do texto

As ilustrações, tabelas, gráficos, com as respectivas legendas, devem ser apresentadas em folhas separadas, com indicação no texto onde deve inserir-se. Os desenhos devem ser em nanquim preto, permitindo-se colagem.

As fotografias, dentro das especificações para clichê, são em branco e preto.

##### 4 SEPARATAS

De cada artigo ou comunicação são enviados gratuitamente 10 separatas ao autor ou autores.

##### 5 INFORMAÇÕES E OUTRAS ORIENTAÇÕES

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