

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

VOL. 5 — Nº 1
1º SEMESTRE 1986

REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

ISSN 0101 - 5001 ■ REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA - São Paulo

VOL. 5 — Nº 1 1º SEMESTRE 1986

ange abeng

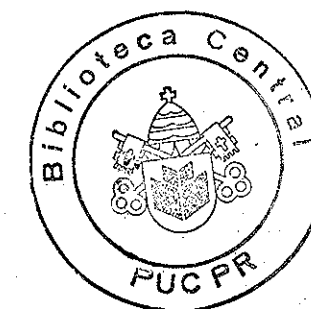
N.Cham.
Título: Revista de Ensino de Engenharia.
Autor:



00376877
v.5. n.1. jan. 1986 PUCPR - BC

ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE
ENSINO DE
ENGENHARIA





REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

V.5 - nº 1-19 Semestre de 1986
ISSN0101 - 5001

N.Cham.

Autor

Título Revista de Ensino de Engenharia

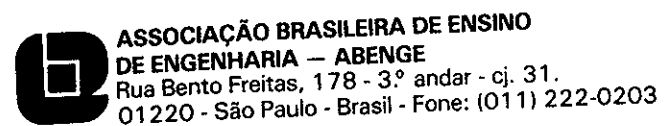


v.5, n.1, jan. 1986 PUCPR - BC

00376877

REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

V.5 - nº 1 - 1º semestre de 1986
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\$ 20,00

Exemplar Avulso Cz\$ 10,00

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.5 - nº 1 - 1º semestre de 1986
ISSN-0101-5001



Conteúdo/Contents

NOTA EDITORIAL. EDITORIAL.

FORUM ABENGE - A CAPACITAÇÃO EM TECNOLOGIA INDUSTRIAL
BASICA. DEVELOPMENT OF HUMAN RESOURCES FOR BASIC IN-
DUSTRIAL TECHNOLOGY. 05

CARDOSO, José Roberto. - O ABC DO MÉTODO DOS ELEMENTOS
FINITOS APLICADOS A DETERMINAÇÃO DE CAMPOS MAGNÉTICOS.
THE ABC OF FINITE ELEMENT METHOD APPLIED TO MAGNETIC
FIELD DETERMINATION. 30

BIELSA, Raquel O. e BISANG, Jose M. - CINÉTICA ELECTRO
QUÍMICA. SU ENSEÑANZA EXPERIMENTAL. ELECTROCHEMICAL KI-
NETICS. ITS EXPERIMENTAL TEACHING. 47

FUMIO, Bernardo Luiz Costas. - MODELOS DIDÁTICOS PARA
O ESTUDO DE REDES DE PERCOLAÇÃO EM SOLOS. DIDACTIC FLOW
MODELS FOR SEEPAGE ANALYSIS IN SOILS. 61

ANDRES, Oscar A. - ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA: CONDU-
CTOR O CONDUCTOR POR LA EVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA? ENGI-
NEERING EDUCATION: LEADER OR FOLLOWER IN THE EVOLUTION
OF TECHNIQUE?. 67

COUTINHO, Gledson Luiz. - ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, IN-
DUSTRIAL E DE OPERAÇÃO: UMA CONVICÇÃO E DUAS DÚVIDAS.
PRODUCTION, INDUSTRIAL AND OPERATIONAL ENGINEERING: ONE
CONVICTION AND TWO DOUBTS. 76

CINTRA, Jorge Pimentel. - O ENSINO DA TOPOGRAFIA NAS
ESCOLAS DE ENGENHARIA. TEACHING OF TOPOGRAPHY IN THE EN-
GINEERING SCHOOLS. 91

BAJAY, Sérgio Valdir. - APOIO A PROGRAMAS DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO NAS FACULDADES DE ENGENHARIA PAULIS-
TAS. SUPPORT TO RESEARCH AND DEVELOPMENT AT THE ENGI-
NEERING FACULTIES IN THE STATE OF SÃO PAULO. 102

SCHMIDELL, Willibaldo et alii. - CARACTERÍSTICAS DO CUR-
SO DE LABORATÓRIO DE ENGENHARIA BIOQUÍMICA DO DEQ/EPUSP.
CHARACTERISTICS OF THE LABORATORY ACTIVITIES IN THE BIO-
CHEMICAL ENGINEERING COURSE. 113

NOTA EDITORIAL

A ABENGE vem procurando, ao longo dos últimos anos, consolidar entre as suas ações prioritárias a de manter a qualidade e a periodicidade dos seus dois principais instrumentos de divulgação: o Boletim Informativo e a Revista de Ensino de Engenharia.

Em ambos os casos, tem sido importantíssimo o apoio recebido de diversas agências de fomento, destacando-se o CNPq e a FAPESP. Ao mesmo tempo, o crescente interesse dos professores da área de engenharia vem possibilitando que grande número de artigos cheguem frequentemente ao Conselho Editorial da Revista.

Para o próximo biênio, a Diretoria da ABENGE, dando continuidade ao programa já estabelecido em anos anteriores, pretende criar meios para diminuir o intervalo de lançamento entre dois números, chegando, numa primeira etapa, a três edições anuais.

Ao mesmo tempo, abrindo suas portas a grande número de leitores e autores em potencial de toda a América Latina, a Diretoria da ABENGE vem procurando receber artigos de professores de outros países. Tal providência dará uma nova dimensão ao trabalho desenvolvido pelos associados da ABENGE e pelas Instituições de Ensino Superior Nacional, que passarão a dispor de um novo canal de informação com suas congêneres em toda a América Latina.

Torna-se, portanto, cada vez mais importante a participação de todos neste empreendimento que, em última análise, visa o desenvolvimento do ensino e da aprendizagem em tecnologia.

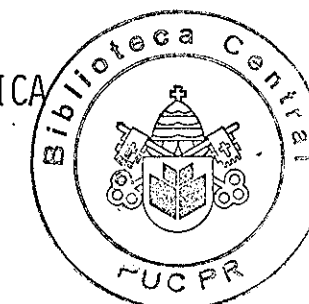
São Paulo, julho de 1986

A DIRETORIA

Forum ABENGE

ISSN-0101-5001
Rev.Ensino Eng., São Paulo
5(1):5-29, 1º sem. de 1986

A CAPACITAÇÃO EM TECNOLOGIA INDUSTRIAL BÁSICA



Forum ABENGE: A Capacitação em Tecnologia Industrial Básica. Rev.Ensino Eng., São Paulo, 5(1): 5-29, 1º sem.1986.

Este trabalho aborda os aspectos relevantes da importância da capacitação em tecnologia industrial básica, principalmente em função do rápido processo de industrialização ocorrido em nosso país. Descreve a situação atual das ações do governo em termos de capacitação de recursos humanos em tecnologia industrial básica, bem como as ações realizadas em prol da normalização nas instituições de ensino técnico e superior. Descreve, ainda, a necessidade de se introduzir no ensino de engenharia, uma abordagem sistêmica de tópicos sobre tecnologia industrial básica, notadamente sob o enfoque de gestão de tecnologia, envolvendo metrologia, normalização, qualidade, produtividade, transferência de tecnologia e propriedade industrial.

Forum ABENGE: Development of human resources for basic industrial technology. Rev.Ensino Eng., São Paulo, 5(1): 5-29, 1º sem.1986.

The importance of the development of human resources for basic industrial technology has been stressed in this paper, mainly in view of the rapid process of industrialization occurring in Brazil. Official Policies for this objective are described, as well as the ones aimed at the introduction of teaching of standardization in technical and engineering schools. The paper also comments the necessity in the engineering curricula of themes on management of technology, including metrology, standardization, quality, productivity, and transfer of technology and industrial property.

A ABENGE vem procurando, ao longo dos últimos anos, consolidar entre as suas ações prioritárias a de manter a qualidade e a periodicidade dos seus dois principais instrumentos de divulgação: o Boletim Informativo e a Revista de Ensino de Engenharia.

Em ambos os casos, tem sido importantíssimo o apoio recebido de diversas agências de fomento, destacando-se o CNPq e a FAPESP. Ao mesmo tempo, o crescente interesse dos professores da área de engenharia vem possibilitando que grande número de artigos cheguem frequentemente ao Conselho Editorial da Revista.

Para o próximo biênio, a Diretoria da ABENGE, dando continuidade ao programa já estabelecido em anos anteriores, pretende criar meios para diminuir o intervalo de lançamento entre dois números, chegando, numa primeira etapa, a três edições anuais.

Ao mesmo tempo, abrindo suas portas a grande número de leitores e autores em potencial de toda a América Latina, a Diretoria da ABENGE vem procurando receber artigos de professores de outros países. Tal providência dará uma nova dimensão ao trabalho desenvolvido pelos associados da ABENGE e pelas Instituições de Ensino Superior Nacional, que passarão a dispor de um novo canal de informação com suas congêneres em toda a América Latina.

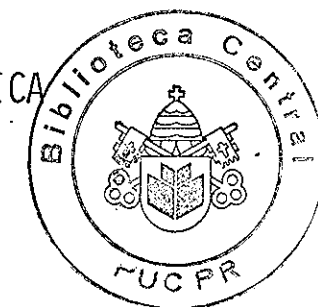
Torna-se, portanto, cada vez mais importante a participação de todos neste empreendimento que, em última análise, visa o desenvolvimento do ensino e da aprendizagem em tecnologia.

São Paulo, julho de 1986

A DIRETORIA

Forum ABENGE

A CAPACITAÇÃO EM TECNOLOGIA INDUSTRIAL BÁSICA



Forum ABENGE: A Capacitação em Tecnologia Industrial Básica. Rev.Ensino Eng., São Paulo, 5(1): 5-29, 1º sem.1986.

Este trabalho aborda os aspectos relevantes da importância da capacitação em tecnologia industrial básica, principalmente em função do rápido processo de industrialização ocorrido em nosso país. Descreve a situação atual das ações do governo em termos de capacitação de recursos humanos em tecnologia industrial básica, bem como as ações realizadas em prol da normalização nas instituições de ensino técnico e superior. Descreve, ainda, a necessidade de se introduzir no ensino de engenharia, uma abordagem sistêmica de tópicos sobre tecnologia industrial básica, notadamente sob o enfoque de gestão de tecnologia, envolvendo metrologia, normalização, qualidade, produtividade, transferência de tecnologia e propriedade industrial.

Forum ABENGE: Development of human resources for basic industrial technology. Rev.Ensino Eng., São Paulo, 5(1): 5-29, 1º sem.1986.

The importance of the development of human resources for basic industrial technology has been stressed in this paper, mainly in view of the rapid process of industrialization occurring in Brazil. Official Policies for this objective are described, as well as the ones aimed at the introduction of teaching of standardization in technical and engineering schools. The paper also comments the necessity in the engineering curricula of themes on management of technology, including metrology, standardization, quality, productivity, and transfer of technology and industrial property.

A CAPACITAÇÃO EM TECNOLOGIA INDUSTRIAL BÁSICA - Texto Básico

Francisco Luiz Danna
1º Vice-Presidente da ABENGE - Secre-
tário Executivo da Comissão de Espe-
cialização de Engenharia da Secreta-
ria da Educação Superior/MEC.

1 ASPECTOS RELEVANTES

Partindo de uma economia baseada essencialmente na agricultura até a metade do século, o País experimentou, nos últimos anos, não somente uma modernização desta, mas um rápido processo de industrialização.

O grande e forte impulso de desenvolvimento econômico, aliado ao processo dinâmico de evolução da sociedade ocidental, levou o País a uma grande diversificação industrial e à adoção de novas tecnologias, internacionalmente indexadas. Como consequência, a participação do produto industrial na pauta de exportação ascendeu de 24% a 60% nos últimos doze anos. Na área de exportação, a participação dos manufaturados, praticamente insignificante há alguns decênios, representa hoje cerca de meta-
de do montante exportado.

A evolução industrial do País tem sido realizada através de tecnologia de origem variada, utilizando procedimentos de gestão de tecnologia muito aquém do desejado, principalmente em termos de tecnologia industrial básica, ou seja, metrologia, normalização, qualidade e propriedade industrial e transferência de tecnologia. Isto tem dificultado, sobremaneira, a redução de custos, a melhoria da qualidade e a competitividade dos produtos brasileiros, principalmente os destinados ao mercado externo.

Por outro lado, na medida em que se padronizam produtos e serviços pela normalização, é possível obter-se expressiva redução de estoques (matérias-primas e produtos acabados não vendidos) e procedimentos e, con-
seqüentemente, minimizar o capital de giro respectivo. Da mesma forma, através de uma eficiente gestão de tecnologia, pode-se reduzir os rejei-
tos de produção, via controle de qualidade, bem como os custos de produ-
ção e, como consequência, melhorar a qualidade e a competitividade de pro-
dutos e serviços.

Os prejuízos, de forma geral, poderiam ser reduzidos pelo menos à me-
tade, caso fosse efetivamente agilizada a implantação de ações destina-
das principalmente à melhoria de qualidade e produtividade, assim como
à normalização necessária.

Esses números mostram que, apesar do esforço de industrialização ter si-
do resultante de opção clara da sociedade, ele não se completou com os
suportes técnicos necessários a um adequado desenvolvimento tecnológi-
co. Assim, observa-se que, geralmente, a infra-estrutura em tecnologia
básica é frágil. Esta fragilidade é motivada, não apenas, pela insufi-
ciente articulação das instituições de ensino e pesquisa com o meio em-
presarial, mas, também, pelo despreparo da própria infra-estrutura de
tecnologia básica brasileira, tanto no seu dimensionamento físico quan-
to de disponibilidade técnica e gerencial do seu pessoal.

Todo esse quadro torna evidente a necessidade de se investir em to-
dos os elementos envolvidos na área de tecnologia básica, tanto os das
empresas e instituições governamentais, quanto, principalmente, os das
instituições de ensino e pesquisa que atuam na área.

Desse modo, reveste-se da maior importância o ensino de tópicos de
tecnologia industrial básica nas instituições de ensino de engenharia do
País, tendo em vista a necessidade de se transmitir ao futuro engenhei-
ro uma visão distêmica de gestão de tecnologia, notadamente em termos
de metrologia, normalização, qualidade, produtividade, transferência de
tecnologia e propriedade industrial.

2 SITUAÇÃO ATUAL

2.1 Ações do governo em capacitação de recursos humanos em tecnologia industrial básica

As atividades de capacitação de recursos humanos em tecnologia indus-
trial, notadamente as consideradas básicas: metrologia, normalização, qua-
lidade e propriedade industrial e transferência de tecnologia, estão mui-
to aquém das necessidades observadas nos setores produtivo, técnico-cien-
tífico e governamental.

As deficiências de qualificação de recursos humanos em tecnologia in-
dustrial básica são observadas em diferentes tipos de entidades: empresas

privadas, instituições governamentais, entidades prestadoras de serviços tecnológicos e instituições de ensino técnico e superior. Tais deficiências vão desde a direção até o nível operacional e abrangem as diversas áreas de tecnologia básica.

Apesar da existência de esforços anteriores na formação de recursos humanos nas áreas de tecnologia básica, estes são ainda esparsos e desprovidos de uma articulação sistêmica de forma a otimizar o seu aproveitamento.

Os esforços realizados na capacitação de recursos humanos nas áreas de tecnologia básica sob a orientação do governo, foram, principalmente, direcionados para o pessoal dos próprios órgãos de governo; e não sustiram o efeito desejado em função da própria deficiência de qualificação de pessoal para a formação de recursos humanos.

O governo, através da Secretaria de Tecnologia Industrial (STI) do MIC, resolveu, a partir de 1984, conduzir um conjunto de ações com o objetivo de conscientizar a comunidade envolvida sobre a necessidade de um planejamento sistêmico e do proveito que adviria do mesmo.

Assim, dada a necessidade de uma ação maciça na formação de pessoal, principalmente através das instituições de ensino técnico e superior, a estratégia prevista para a solução do problema foi a nucleação. Espera-se que após um conjunto de ações bem delineadas, as atividades de capacitação de recursos humanos, possam ir sendo assumidas pelo setor industrial e pelo sistema de ensino.

Portanto, a expectativa é que seja alcançada a estabilidade do sistema de ensino técnico e superior, a partir de uma visão integrada do sistema de tecnologia industrial básica e voltada para o atendimento das necessidades de demanda, notadamente dos aspectos de metrologia, normalização, qualidade industrial, transferência de tecnologia e propriedade industrial.

Dentro deste enfoque, foram identificadas cinco atividades em desenvolvimento pela STI:

1. Realização de cursos com duração de um a doze meses, dirigidos a técnicos de nível médio e superior, visando a formação de especialistas dentro da área técnica, como da área de gerência e administração de

sistemas de tecnologia industrial básica.

2. Promoção e divulgação de instrumentos de gestão de tecnologia, visando, através da montagem e execução de um curso padrão, conscientizar e treinar dirigentes industriais sobre a filosofia da qualidade, produtividade e redução de custos; e, através da produção e divulgação de filme educativo padrão, conscientizar o público em geral sobre a importância da qualidade industrial, sobre custos e vendas, tanto no mercado interno como no externo.
3. Realização de cursos com duração inferior a um mês, dirigidos a técnicos de empresas industriais, diretamente envolvidos em atividades tais como: garantia e controle de qualidade, normalização, metrologia, aumento de produtividade, entre outros.
4. Capacitação de núcleos e instituições de ensino superior, visando apoiá-los para a formação direcionada de professores para completar a sua capacitação, nas áreas de tecnologia industrial básica.
5. Capacitação individual em áreas de interesse de tecnologia industrial básica nos diferentes níveis: doutorado, mestrado e especialização, tanto no País como no exterior.

2.2 Ações realizadas em prol da normalização nas instituições de ensino técnico e superior

Apesar dos esforços realizados em prol do ensino de normalização nas instituições de ensino técnico e superior, estes estão, ainda, muito aquém das necessidades requeridas para uma adequada capacitação, tanto a nível técnico, quanto a nível gerencial.

A 1ª deliberação legal sobre o ensino de normalização surgiu através da Resolução Nº 02/72, de 27/01/1972, do Conselho Federal de Educação/MEC, que fixou os mínimos a serem exigidos em cada habilitação profissional (ou conjunto de habilitações afins) no ensino de 2º grau.

Através dessa Resolução as escolas técnicas passaram a seguir o currículo mínimo, então estabelecido, com a inclusão obrigatória da disciplina "Organização e Normas" em várias habilitações.

A importância da normalização e a sua interrelação com a metrologia e qualidade industrial ensejou o estabelecimento de uma política nacional

unificada nestas áreas, através da criação do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO) pela Lei nº 5.966, de 11/12/1973.

Em termos de ensino superior, a 1ª deliberação legal sobre o ensino de normalização surgiu através da Resolução nº 48/76, de 27/04/1976, do Conselho Federal de Educação/MEC, que fixa os mínimos de conteúdo e de duração do curso de graduação em Engenharia, e define suas áreas e habilitações. Esta Resolução estabelece no parágrafo segundo de seu artigo 8º que as matérias de formação profissional específica, integrantes dos currículos plenos, deverão incluir tópicos relativos à normalização.

A 2ª deliberação legal sobre o ensino de normalização, incluindo controle de qualidade, na área de Engenharia, surgiu através da Resolução nº 04/77, de 25/12/1977, do Conselho Federal de Educação/MEC, que caracteriza a habilitação Engenharia Industrial. Esta Resolução estabelece no parágrafo primeiro de seu artigo 5º que as matérias de formação profissional específica, integrantes do currículo pleno da referida habilitação, deverão incluir tópicos relativos à normalização e ao controle de qualidade dos materiais e dos produtos.

Em junho de 1977, uma comissão especial reunida na sede da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE), em São Paulo, aprovou uma proposta para a introdução de tópicos relativos à normalização no ensino de Engenharia. Tal proposta foi encaminhada ao, então, Departamento de Assuntos Universitários (DAU/MEC), que a aprovou em setembro de 1977.

A referida proposta foi inserida na publicação: "Curso de Engenharia - Autorização, Reconhecimento e Funcionamento", do DAU/MEC, de setembro de 1977, com a denominação: "Recomendações sobre Introdução de Tópicos Relativos à Normalização nos Currículos Plenos do Curso de Engenharia".

A título de ilustração, tendo por referência o ano de 1983, somente 32 instituições de ensino de engenharia, num total de 123, ofereciam disciplinas específicas de normalização e/ou controle de qualidade. Estavam sendo oferecidas 81 disciplinas, sendo 52 obrigatórias e 29 optativas, com preponderância na habilitação Engenharia Mecânica, ou seja, 52 disciplinas, sendo 35 obrigatórias e 17 optativas. A seguir, tinha-se a seguinte distribuição por habilitação: Engenharia Química: 12 disciplinas

(05 obrigatórias e 07 optativas); Engenharia Metalúrgica: 08 disciplinas (05 obrigatórias e 03 optativas); Engenharia Elétrica: 06 disciplinas (05 obrigatórias); Engenharia Civil: 03 disciplinas (02 obrigatórias).

Desse total, somente 67 habilitações, num total de 321 existentes, na época, ofereciam disciplinas específicas sobre normalização e/ou controle de qualidade. A maioria das disciplinas oferecidas era sobre controle de qualidade.

Finalmente, através do trabalho intitulado "Pesquisa do Perfil Profissional do Engenheiro", coordenado pela ABENGE e publicado sob o título "Perfil Profissional do Engenheiro", de dezembro de 1984, são apresentados valiosíssimos subsídios relacionados com os aspectos de desempenho profissional e da formação escolar do engenheiro.

Verifica-se pelo resultado obtido, que, de 120 entrevistas realizadas, houve 98 respostas afirmativas sobre a contribuição de assuntos de normalização para as respectivas atividades profissionais. Tais confirmações se distribuíram, praticamente, de forma homogênea entre todas as habilitações de engenharia. A análise das respostas evidencia a importância da normalização sobre custos, projetos, especificações, controle de qualidade, produtividade, qualidade industrial, entre outros.

3 CAPACITAÇÃO EM GESTÃO DE TECNOLOGIA BÁSICA

Conforme ficou constatado, nos itens anteriores, o País não dispõe, ainda, de uma adequada infra-estrutura em tecnologia industrial básica, aí incluídos os aspectos metrológicos, normativos e de qualidade industrial, notadamente em termos de recursos humanos, tanto em nível técnico como gerencial.

Como resultado dessa situação, observa-se que o desempenho dos segmentos industriais poderia ser significativamente melhorado, principalmente reduzindo os prejuízos decorrentes do deficiente emprego da infra-estrutura em tecnologia industrial básica. Esta constatação, somada aos graves problemas globais nacionais, exige que o setor industrial brasileiro reduza os custos de produção, aumente a produtividade e adeque a qualidade dos produtos industrializados aos fins que se destinam. Para tal é essencial que as empresas industriais fortaleçam sua

capacitação em gestão de tecnologia básica.

Para a maioria das empresas, novo equipamento é, praticamente, sinônimo de gestão tecnológica. A administração de tecnologia: manutenção do equipamento; especificação correta de materiais; normalização de projetos, produtos e serviços; controle estatístico da qualidade; racionalização dos processos produtivos; aumento de produtividade; não chega a ter a sua importância suficientemente reconhecida. Esta constatação abrange, principalmente, as pequenas e médias empresas.

Tal quadro enseja que a abordagem do ensino de tópicos sobre gestão de tecnologia básica, principalmente nas instituições de ensino de engenharia, deva ser enfatizada. Não se pode mais conceber, tendo em vista as deficiências anteriormente constatadas, que se continue a formar profissionais sob um enfoque parcial em termos de normalização e controle de qualidade.

A abordagem do ensino nesta área deverá, portanto, incluir tópicos que reflitam as tendências observadas em termos de uma visão sistêmica de gestão tecnológica básica, notadamente quanto à administração e o inter-relacionamento dos aspectos de metrologia, normalização, qualidade, controle estatístico de qualidade, aumento de produtividade, redução de custos, transferência de tecnologia e propriedade industrial, entre outros.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- . PADCT. Subprograma de Tecnologia Industrial Básica. Brasília, STI/MIC, outubro. 1984.
- . NÓBREGA, Ricardo B. A Normalização nas Escolas de Engenharia e Escolas Técnicas. São José dos Campos, INMETRO, julho, 1984.
- . DAU/MEC. A Nova Concepção do Ensino de Engenharia no Brasil. Brasília, abril, 1977.
- . DAU/MEC. Curso de Engenharia - Autorização, Reconhecimento e Funcionamento. Brasília, setembro, 1977.
- . SESu/MEC. A Situação Atual dos Cursos de Engenharia e Tecnologia no Brasil. Brasília, março, 1980.
- . SESu/MEC. Curso de Engenharia - Estruturas Curriculares, v.1 e v.2. Brasília, março, 1980.
- . ABENGE. O Perfil Profissional do Engenheiro. São Paulo, ABENGE, novembro, 1984.
- . DANNA, Francisco Luiz. O Ensino de Normalização: Aspectos Relevantes, Situação e Tendências. Palestra proferida no 4º Encontro Nacional de Docentes sobre Normas Técnicas. Recife, INMETRO/MIC, julho, 1985.

- CONTRIBUIÇÕES -

Melvin Cymbalista
Diretor da Fundação Carlos
Alberto Vanzolini, SP.

É gritante o exemplo da indústria japonesa no sentido de conseguir aumentar sua presença no mercado mundial através da aplicação de modernos conceitos de metrologia, normalização e, principalmente, qualidade industrial (T.I.B.).

No Brasil, embora contando com o esforço de diversos órgãos governamentais e privados, não se observam, de um modo generalizado, esforços para a efetiva aplicação destes conceitos. Grande parcela do meio empresarial não está consciente dos benefícios decorrentes de uma correta aplicação do T.I.B., objetivando a redução de custos, aumento da produtividade e aprimoramento da qualidade dos produtos industriais a médio e longo prazo.

Esta falta de conscientização não está sendo aplicada pela entrada no mercado de trabalho de novos profissionais saídos dos cursos técnicos e superiores. A capacitação destes profissionais em T.I.B. não atende às necessidades do mercado brasileiro nem em termos técnicos nem em termos de gestão da T.I.B.

Nos cursos de Engenharia do País, com poucas exceções, somente são apresentados aos alunos leves conceitos de Controle Estatístico da Qualidade. Conceitos de Normalização, Padronização, Metrologia, Propriedade Industrial e Gerenciamento da Qualidade não são sequer abordados.

Em um programa de T.I.B., deveremos ter em mente:

- a) Atendimento das necessidades do mercado atual de T.I.B., particularmente das empresas com programas de exportação, onde é premente esta necessidade.
- b) Desenvolvimento de modelos brasileiros de desenvolvimento e crescimento, dimensionando a futura demanda por serviços de metrologia, normalização e qualidade industrial.
- c) Programas de conscientização para a adoção e aplicação eficiente da T.I.B. com os objetivos de aumentar a competitividade do produto brasileiro, reduzir custos de produção, racionalizar o uso de insumos,

evitar desperdícios e oferecer à população produtos industriais com maior qualidade e confiabilidade.

- d) Difundir conhecimento sobre o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO) como sendo um dos modos de atender a demanda sobre serviços de T.I.B.

A VANGUARDA DA INDÚSTRIA, UNIVERSIDADE NA RETAGUARDA

Massao Ito
Presidente da Associação Brasileira de Controle de Qualidade.
Membro da International Academy for Quality.

Gostaríamos de situar, enquanto geradoras de tecnologia, a empresa privada e a universidade.

Na esfera privada, o que se assiste é um suceder-se de investimentos voltados à geração, ou até mesmo à simples adequação, de uma tecnologia rapidamente renovável. Descartável, como é de moda.

Temos visto que o que ontem era novo, hoje amanhece pura e simplesmente obsoleto, dada a celeridade com que se movimenta a iniciativa particular, por necessidade de conquista e manutenção de mercados.

O mesmo não se dá, contudo, com a universidade brasileira. Já pelo conceito popularmente difundido de que "pesquisa é como assistência social: saco sem fundo", nossa escola habitualmente tem performance incompleta.

Não pela falta de capacidade, de cérebro. Que não faltam também à indústria. Mas, por insuficiências crônicas. De recursos, principalmente, mal de que sempre padece a universidade.

De outro lado, esses contrastes conduzem a uma situação singular: a empresa está na vanguarda, enquanto que a entidade de pesquisa segue numa retaguarda tímida e impotente.

Por uma falha, ou por muitas falhas, de integração, as áreas

acadêmica e privada de pesquisa não falam a mesma linguagem, nem partilham dos mesmos passos.

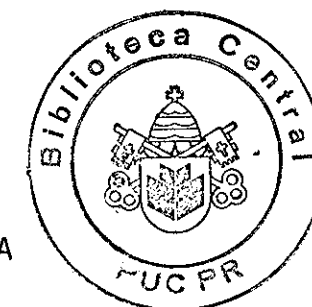
Não há contato, a cooperação tem pouca consistência, o intercâmbio - salvo raras e honrosas exceções, todas conhecidas, praticamente inexistente.

De nosso ponto de vista, de profissional e de homem de associação, o caminho da sintonia tecnológica passa pela vivência lá e cá. Vale dizer, pesquisadores dos dois lados vivenciando as duas realidades.

Trazer a indústria para dentro do campus universitário e vice-versa, só pode conduzir a resultados benéficos, com rapidez até suficiente.

A soma de nossas capacidades assim resultaria numa posição ao menos de equivalência de estágios.

A CAPACITAÇÃO EM TECNOLOGIA INDUSTRIAL BÁSICA



Carlos Alberto Schneider
Prof.Dr.Ing.LABMETRO. Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC.

Fundamental para uma empresa, para o próprio país, é garantir mercado aos seus produtos e os fatores decisivos são: "marketing", custo e qualidade. O primeiro fator, pelo fato de ainda não ter sido considerado como Tecnologia Industrial Básica, não será considerado na análise do mercado. Custo e qualidade são fatores fortemente dependentes da aplicação dos conceitos de Tecnologia Industrial Básica, que assim podem ser agrupados:

- Normalização (normas da empresa, nacionais, internacionais);
- Garantia da Qualidade (planejamento, administração, controle, metrologia);
- Economia da Produção (racionalização, administração, controle, produção);
- Domínio Tecnológico (inovação, transferência, propriedade).

Analisando os programas de formação de engenheiros, bastante reduzida é a informação concernente à Tecnologia Industrial Básica, que se transmite aos acadêmicos. Os programas cobrem, basicamente, as áreas de Ciências Básicas e Ciências Aplicadas.

Objetivando-se alavancar o desenvolvimento industrial e/ou assegurar sua continuidade, é de indiscutível importância, acionar um programa de capacitação em Tecnologia Industrial Básica, em duas frentes: dos técnicos atuantes e das novas gerações. Assim o programa da STI prevê uma série de ações para conscientização e treinamento de dirigentes e profissionais da indústria. Também são previstas importantes ações para a capacitação das instituições de ensino. Algumas considerações e sugestões deseja-se apresentar, no que concerne ao aperfeiçoamento da formação de técnicos de nível superior:

- Urge uma revisão e modernização dos currículos, buscando-se, entre outras, uma maior cobertura à Tecnologia Industrial Básica;
- Uma elevação de carga horária total de aulas não é cabível. As disciplinas de ciências básicas não devem perder seu espaço, mas sim, dar aos acadêmicos maior domínio das ferramentas científicas. As disciplinas de ciências aplicadas, devem, em função de seu espectro de terminologias cada vez mais amplo, ser menos descritivas e mais metodológicas. Elas devem inclusive englobar aplicação dos conceitos de tecnologia industrial básica, especialmente a normalização concernente;
- O acadêmico de engenharia deve ser, ao longo de todo seu curso, desafiado em sua atuação criativa. É fundamental a participação do mesmo nas atividades laboratoriais, de projetos de pesquisa e desenvolvimento efetivos, de estágios em empresas e de institutos tecnológicos, de execução de projetos curriculares, etc. Em todas estas atividades dando-se atenção aos conceitos de tecnologia industrial básica.
- Instituir como critério complementar de avaliação de cursos de engenharia, o grau de cobertura dos conceitos de tecnologia industrial básica, pelos programas de formação em termos de disciplinas, assim como em oportunidades de aplicação dos mesmos.

A GARANTIA DA QUALIDADE DO ENSINO SUPERIOR

Edgardo Cáceres
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Diretor da Q.A.E. Qualidade Ampla Empresarial Ltda.

1 INTRODUÇÃO

No último século a tecnologia tem avançado de modo cada vez mais acelerado, atingindo descobertas outrora inimagináveis, ao passo que a teoria das organizações tem evoluído de maneira pouco significativa. Entretanto, nos últimos 20 anos, diversos sistemas de gestão e técnicas específicas foram desenvolvidos, visando a melhoria de Qualidade de Produtos e Serviços. Assim, foram difundidos o *Controle da Qualidade Estatístico*, os *Círculos de Controle de Qualidade*, a *Qualidade Assegurada Total*, o *Controle da Qualidade Total* e o *Controle da Qualidade Amplo-Empresarial*, para citar os mais conhecidos.

Todos esses sistemas têm origem estrangeira e foram experimentados na América Latina, principalmente no Brasil e mais recentemente na Argentina; porém, não foi ainda identificada uma linguagem comum, para facilitar a comunicação entre os interessados no tema, o que gera uma lamentável dispersão de esforços, bem como atrasos na difusão destes conceitos a outras áreas de aplicação, como educação e saúde pública.

Ao escolher a terminologia Garantia da Qualidade, estamos pretendendo reforçar sua utilização no âmbito brasileiro e latino-americano - as empresas estatais brasileiras e a ABNT assim o fazem - e promover, assim, a utilização dessa terminologia dentro da Universidade, como sinônimo de um novo modelo de administração.

O desafio para as Universidades é grande. A importância sócio-econômica da ampla aplicação desses princípios e métodos organizacionais é indispensável para atenuar o caos administrativo das novas democracias latino-americanas.

Se já há fábricas onde os trabalhadores, praticando estas técnicas, estão se sentindo melhores como pessoas, contribuindo ao mesmo tempo,

para a boa qualidade e o menor custo de automóveis e aviões que são vendidos a norte-americanos, europeus e chineses, é evidente que a Universidade precisa praticar e difundir esses conceitos para que também médicos, enfermeiras e os próprios docentes possam contribuir, de modo organizado, participativo e motivado, com vistas a um melhor atendimento hospitalar ou educacional.

No Brasil o próximo lançamento do Programa Nacional de Qualidade e Produtividade, ainda limitado à esfera do Ministério da Indústria e Comércio, será um importante passo. Outro Ministério fundamental na difusão do Programa a outras áreas será o da Educação, pois estamos nos referindo a uma nova cultura das organizações, fundadas na ética da solidariedade no trabalho, na valorização e desenvolvimento do homem e na permanente e objetiva busca de melhores resultados.

O avanço global dos países, nas próximas décadas, resultará da eficácia nas suas ações nesta área, como, no passado, aconteceu com o Japão e, ainda hoje, com a Coreia.

Assim, em face da expectativa de que a demanda desses tipos de Programas de Garantia - ou Melhoria - da Qualidade se intensifique, as Universidades precisam preparar-se, fazer uso deste tipo de Sistemas, e contribuir para que a filosofia implícita em cada programa, valorize e desenvolva ao homem e não exclusivamente aos resultados materiais.

Esses últimos virão como consequência e serão efetivamente mais significativos e duradouros, na medida em que não constituam a estratégia principal...

2 ANTECEDENTES

Controle da Qualidade significa medir, inspecionar, fiscalizar; é somente um instrumento para detectar não-conformidades, com padrões previamente estabelecidos. Leva implícito o conceito de que muitos produzem Quantidade e outros, uns poucos, zelam pela Qualidade.

Garantia da Qualidade significa prevenir, participar, avaliar a satisfação dos usuários, desenvolver a Qualidade através do autocontrole e das atividades em pequenos grupos. É uma política de gestão envolvente, participativa, que integra a cada setor à organização como um todo.

Leva explícito o conceito de que todos somos usuários e, ao mesmo tempo, prestadores de serviços.

Todos produzimos Qualidade e Quantidade e, para isso, precisamos autocontrolarmos-nos e aperfeiçoarmos-nos permanentemente. Naturalmente, a Garantia da Qualidade exige dos dirigentes uma posição clara e constante a favor destes conceitos, bem como um acompanhamento participativo e visível dos resultados atingidos em cada setor, não mais a procura de culpados e sim a valorização do homem e, principalmente, das equipes que apresentam e implementam soluções.

Foi assim, aplicando este tipo de conceitos, que o Japão atingiu a sua atual posição de liderança, implementando e aperfeiçoando sistemas de organização desenvolvidos por outros países e promovendo maciçamente as atividades em pequenos grupos, dentro de cada instituição ou empresa.

Da mesma forma, a Coreia lançou em 1971 o Movimento para uma Nova Comunidade, com o objetivo de treinar pessoas promovendo seu aprimoramento individual através da cooperação mútua, de modo a facilitar o desenvolvimento do País e elevar o padrão-de-vida da sua sociedade. Assim, na Coreia, as atividades de Círculos de Controle da Qualidade, são praticadas como parte integrante de Sistemas de Qualidade, e o número de círculos registrados oficialmente já está atingindo os 100.000 grupos.

Sem nos determos muito em casos específicos, podemos afirmar que a nova teoria das organizações estabelece os seguintes antecedentes e diferenças, com referência a administração científica ou convencional.

- . adoção e prática de políticas claras e explícitas;
- . substituição de objetivos financeiros por sócio-econômicos;
- . definição e difusão das metas pretendidas pela organização;
- . busca de resultados definitivos e não dos imediatos;
- . processo decisório por consenso em substituição ao autoritarismo;
- . trabalho responsável e criativo com menor fiscalização;
- . predominância total da simplificação sobre a burocracia;
- . substituição do medo pela confiança e dos atritos individuais pela integração através de grupos de trabalho;
- . motivação ampla e não somente material;
- . valorização da evolução das equipes e não somente dos indivíduos;
- . busca da qualificação empresarial e não simplesmente da especialização;

- . promoção de dirigentes com experiência em todas as áreas da organização e não de peritos em uma específica;
- . tendência ao emprego semivitalício;
- . dirigentes integrados com metas e responsabilidades interligadas, em contraposição à administração por conflitos, baseada na competição autodestrutiva da própria organização.

- Algumas cifras do caso Japão:

- . salários médios de 87 US\$ em 1960 passaram para 960 US\$ em 1980;
- . residências com TV a cores em 1980 eram 97%;
- . exportações aumentaram de 13 para 130 bilhões de US\$ em somente 12 anos (1968-1980);
- . índice de produtividade no período de 1976/1970, o aumento foi de 7,2% (na Inglaterra foi de 1,5% e nos EUA 2,3%).

- Alguns descontentes com os resultados:

Os 400 empresários britânicos que se reuniram em janeiro de 1983, no Waldorf Astoria Hotel, em Londres, para analisarem como e porque as empresas inglesas, compradas por grupos japoneses, passaram a não ter greves, produzindo mais e melhor, com os mesmos equipamentos e sem demissões.

Também se perguntavam como é possível que os supervisores ingleses, tendo substituído a gravata e o colarinho branco pelo uniforme comum utilizado na empresa e reconhecendo estarem trabalhando mais do que nunca, salientavam estar se sentindo plenamente realizados e satisfeitos?

- Vamos parar por aqui. Exemplos, dados e informações de excelentes resultados obtidos no mundo inteiro é o que não falta. Resta, sim, dar mais difusão aos exemplos tipicamente latino-americanos, analisá-los com profundidade e começar a aplicá-los, adequando-os à realidade e às características de cada organização.

Para que essa difusão maciça tenha os resultados necessários e potenciais, as Universidades devem atualizar-se e assumir algum tipo de liderança na transmissão desses novos conceitos de organização e participação.

3 SISTEMAS DE GARANTIA DA QUALIDADE

Eles compreendem e estabelecem as formas básicas de procedimento para a obtenção da Garantia da Qualidade e, como consequência, os decorrentes ganhos de Produtividade e Custos, conforme já demonstrado e aceito internacionalmente.

Para dar uma idéia de seu conteúdo, no caso específico do Ensino Superior, resumi-lo-emos nos seguintes subsistemas:

- . Organização do Sistema
- . Desenvolvimento do Pessoal
- . Análise de Resultados
- . Desenvolvimento de Programas
- . Planejamento do Ensino
- . Administração de Compras
- . Utilização dos Materiais
- . Avaliação do Ensino
- . Avaliação do Aprendizado
- . Desenvolvimento Profissional Contínuo

Sendo que os três primeiros se referem à forma de gerir o Sistema na sua globalidade, e os sete restantes aos procedimentos e atividades específicas de toda instituição de ensino de nível superior.

Cada subsistema é composto de procedimentos, descrevendo as atividades a executar. Essas são geralmente participativas, promovendo atividades em grupo e em proveito de um objetivo comum: A melhoria permanente da Qualidade do Ensino.

Para exemplificar o que significa cada subsistema, analisaremos o subsistema referente à Organização adotada e, no qual, ficam definidas as bases da administração participativa do Sistema.

O subsistema Organização do Sistema compreende os seguintes procedimentos:

- . Organograma da Instituição
- . Atribuições e Responsabilidades
- . Comissão Coordenadora
- . Grupos de Trabalho
- . Manual do Sistema

- . Programa de Qualidade
- . Comunicação Interna
- . Avaliações do Sistema

Em cada procedimento deve ser estabelecida a articulação e a comunicação entre os diferentes setores envolvidos, partindo de conceitos básicos que resumiremos:

Estabilidade no emprego: é uma constante na maioria das instituições de ensino.

Rodízio nas funções: é um mecanismo que visa a facilitar a integração e a eficiência dos diferentes setores e da própria instituição, bem como o desenvolvimento dos próprios recursos humanos.

Administração participativa: a constituição da Comissão Coordenadora e dos Grupos de Trabalho é a materialização prática desse tipos de organização.

Administração sistêmica: ela fica caracterizada através de procedimentos escritos, programas de atividades e avaliações periódicas do próprio sistema.

Comunicação: definida como ferramenta básica para a motivação e a integração de qualquer organização. Ela é uma das molas-mestras do sistema.

Sintetizaremos, a seguir, a descrição de cada procedimento mencionado:

Organograma da Instituição

Tem como objetivo garantir o desempenho e o desenvolvimento da Instituição, tanto pela Qualidade quanto pela Produtividade alcançada em todos os setores. Compreende a revisão anual da organização, por parte da direção da Instituição, com a finalidade de identificar a conveniência de eventuais rodízios ou outros tipos de modificações. Elas deverão possibilitar o melhor desenvolvimento da Instituição, através da máxima aplicação da capacidade dos seus recursos humanos.

Atribuições e Responsabilidades

Refere-se à matriz de atribuições e responsabilidades pela implementação de cada atividade básica do sistema. Abrange as descrições das

funções-chaves, para a implementação dos programas de qualidade. Com essa finalidade, uma vez definido o Sistema e o Programa a implementar, devem ser analisadas as funções já estabelecidas, visando a sua adequação e a integração dentro deles.

Comissão Coordenadora

A Qualidade de Ensino não é responsabilidade de um setor das instituições, e sim de cada um dos seus departamentos e de cada um dos seus membros, incluídos dirigentes, professores, funcionários, estudantes e, de modo especial, os ex-alunos de cada instituição. Assim, a Comissão Coordenadora, apropriadamente integrada, deve ter, como principal responsabilidade, analisar e aprovar os procedimentos a serem implantados, cuidando de que eles gerem o máximo de integração no âmbito da organização e inclusive para com a própria sociedade. É necessário frisar que a participação dos membros da Comissão Coordenadora pode ter caráter temporário, sendo outra de suas grandes responsabilidades criar Grupos de Trabalho, nos diferentes setores da organização, delegando-lhes atribuições e responsabilidades pela implementação de cada procedimento.

Grupos de Trabalho

Eles devem ser constituídos na medida em que a implantação do Sistema assim o requeira. O número de horas a dedicar a esta atividade deve ser estabelecido anualmente e os relatórios sumários das atividades e resultados próprios de cada Grupo, devem ser incorporados aos antecedentes pessoais de cada um dos membros. Os Grupos de Trabalho são as células principais dos Programas de Qualidade, portanto a coordenação das suas atividades, a comunicação com a Comissão Coordenadora e a própria organização e motivação de cada grupo, deve ser motivo de permanente análise.

Manual do Sistema

É constituído pelos procedimentos organizacionais que estabelecem a metodologia do sistema. Em cada procedimento são definidos para as atividades dos programas a desenvolver, tanto os objetivos específicos, quanto as responsabilidades de cada setor envolvido. Este Manual é revisado à luz dos resultados práticos obtidos, assim como as recomendações específicas contidas nos relatórios das avaliações anuais.

Programa de Qualidade

Nele são detalhadas anualmente e atualizadas semestralmente, as atividades básicas a realizar, visando ao Desenvolvimento da Qualidade do Ensino. Com essa finalidade são definidos os objetivos, prazos e responsabilidades, estabelecendo, sempre que possível, as ações interdepartamentais necessárias.

Comunicação Interna

Ela, realizada regularmente, se constitui na propriedade para que cada Grupo de Trabalho apresente o resultado das atividades efetuadas, assim como os Programas para o próximo período. O planejamento dessas reuniões e seu próprio desenvolvimento, devem ser cuidadosamente estudados, visando a promover, nas reuniões, uma verdadeira reafirmação dos princípios fundamentais da Instituição, uma valorização das atividades dos Grupos, um reconhecimento ao desenvolvimento dos recursos humanos e uma exposição dos novos programas a executar. Um boletim informativo distribuído pelo menos trimestralmente, se constitui num excelente mecanismo de comunicação para realimentar os Sistemas de Qualidade.

Avaliações do Sistema

Elas, devidamente planejadas e executadas, se constituem na retroalimentação de informações indispensáveis para a continuidade e desenvolvimento dos sistemas. O caráter delas nunca deve ser punitivo, preservando tanto os objetivos propugnados, quanto o valor humano e profissional de cada membro da Instituição. Pelo contrário, devem constituir um instrumento para identificar alternativas para o desenvolvimento dos Programas, através das potencialidades existentes e das idéias e propostas apresentadas na oportunidade das avaliações periódicas do sistema. Os resultados dessas avaliações, antes de sua apresentação final, deverão ser analisados com a participação dos próprios setores envolvidos, promovendo, assim, a maior objetividade e viabilidade possível das recomendações finais.

Para visualizar o avanço da implantação do Sistema da Qualidade, as avaliações devem seguir um método quantitativo. Esse, respeitando um critério tão objetivo quanto possível, deve facilitar aos setores envolvidos,

a identificação dos avanços alcançados. As avaliações devem ser realizadas preferencialmente por equipes reduzidas, não envolvidas diretamente nas atividades analisadas. É conveniente que a execução ou coordenação fique por conta de pessoal externo, da maior qualificação possível.

4 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Deixemos, agora, a teoria, e passemos a analisar dois exemplos de procedimentos para a Garantia da Qualidade do Ensino Superior. Tomaremos, inicialmente, como referência, o mais importante dos dez subsistemas mencionados: A Avaliação do aprendizado pelo usuário.

Dentro dele, escolheremos e descreveremos sumariamente um procedimento básico destinado a fornecer retorno de informações quanto a Adequação das Matérias Lecionadas às reais necessidades e expectativas das indústrias destinatárias.

Devemos destacar que, com essa prática, não estaremos fazendo nada original, a não ser extrapolar para o Ensino Superior um procedimento organizacional dos mais convencionais em todo sistema de Gestão da Qualidade, que visa a identificar insatisfações dos usuários e as características indispensáveis a acrescentar aos novos produtos ou serviços. Aliás, no caso da Universidade, todos os cuidados seriam poucos, pois estamos nos referindo a seres humanos procurando qualificar-se para serem úteis à sociedade.

O procedimento poderia estabelecer a realização de Seminários Indústria - Universidade, de um dia de duração, com a participação de três ou quatro profissionais atuantes na indústria e reconhecidos na região como especialistas experimentados numa determinada disciplina industrial. O convite seria dirigido às Empresas nas quais eles exerçam suas atividades, explicitando que esses profissionais - normalmente Gerentes das suas respectivas áreas - estariam sendo convidados a contribuir junto a outros docentes da Universidade, na revisão dos Programas de matérias de permanente demanda na indústria.

Essas reuniões de trabalho poderiam ser realizadas com frequência, por exemplo bianual, dependendo do ritmo da evolução tecnológica em cada área, e seriam orientadas a expor e a analisar os temas mais necessários na atualidade e no futuro breve, assim como as principais carências e

limitações apresentadas pelos recém-formados. Da mesma forma, se poderiam trocar informações e opiniões sobre assuntos relacionados com inovação tecnológica na área específica.

Caberia a cada Escola identificar as matérias aplicadas, que seriam objeto de avaliação e revisão, bem como estabelecer os critérios administrativos necessários para a viabilização da tarefa.

Os benefícios da aplicação deste procedimento seriam vários. O relatório sumário das conclusões do grupo se constituiria na referência principal para a adequação dos programas a serem desenvolvidos nos próximos períodos letivos. Os profissionais convidados se sentiriam motivados a participar, visto o interesse da Universidade em conhecer suas necessidades e expectativas. Os empresários se sentiriam honrados de poderem contribuir através de seus melhores profissionais, e passariam a ter esperanças de que os futuros Engenheiros daquela Escola teriam mais condições de serem úteis às suas Empresas, num futuro breve.

O grupo de profissionais da Indústria e professores da Universidade, desenvolveriam um relacionamento de grupo que se manteria posteriormente, facilitando a comunicação mútua informal e periódica. O profissional da Indústria passaria a consultar mais os seus colegas e vice-versa. As oportunidades para planejar estágios para estudantes ou para os próprios professores aumentariam. Em resumo, teríamos um mecanismo de consulta comprometido, motivado e viável, no qual os primeiros beneficiados seriam os seis ou oito profissionais que participariam do trabalho.

O segundo procedimento hipotético tomado como exemplo é: Avaliação do aprendizado final, pelos formandos, realizado através da contribuição da por profissionais já incorporados a atividades Industriais ou de Serviços. O procedimento poderia estabelecer a realização de pesquisas de opinião junto a formandos com um a dois anos de exercício profissional em empresas diversas, visando a identificar as carências que sentiram, aquelas que mais limitaram sua atuação e, principalmente, as sugestões que teriam para transmitir, tanto do ponto-de-vista corretivo, quanto do preventivo.

Tanto este procedimento como o anterior identificariam não-conformidades, ou seja: faltas de adequação do processo ensino-aprendizagem às necessidades da sociedade.

As sistemáticas da Garantia da Qualidade estabelecem, para todos os casos de não-conformidades significativas, um registro específico, sumário e simples, no qual são apontadas as sugestões e decisões propostas ou tomadas pelos envolvidos nas ações posteriores, bem como os próprios prazos de execução por eles estabelecidos.

Evidentemente, aqui devemos retornar às origens, ou seja aos conceitos básicos da Garantia da Qualidade, no caso respeitar e desenvolver o ser humano denominado Professor, oferecendo-lhe condições de participação, conscientização e aperfeiçoamento. A responsabilidade do grupo que coordena esse tipo de tarefa é grande. O trabalho deve ser conduzido através de esforços que estimulem a todos a continuar sempre melhorando. Os conflitos devem ser minimizados, enfocando, continuamente, problemas e soluções e não culpados.

O clima necessário para a Garantia da Qualidade tem que ser de confiança, solidariedade, participação e eficácia, dentro de uma filosofia global que deve constituir-se em distintivo de cada instituição.

5 CONCLUSÕES

A política econômica é necessária, os investimentos em pesquisa e em projetos industriais também o são; porém, nosso subdesenvolvimento, em amplo sentido, só pode ser superado mediante trabalho em grupo, que ensine a dirigir pessoas de modo que elas se desenvolvam, se realizem participando e possam trabalhar em conjunto, de maneira eficaz, qualquer que seja seu tipo de atividade; - o Sistema Capitalista admite essa alternativa.

Precisamos evitar a reiteração de erros dos conceitos da Administração Científica, cujo exemplo mais claro, e preservado até hoje, é a Economia Britânica, caracterizada pela desconfiança recíproca entre Governo e Sindicatos, Dirigentes e Dirigidos, Gerentes e Operários... Precisamos, dentro de cada organização, seja ela uma Empresa Privada ou uma Entidade Pública, de assumir a satisfação do usuário final, como valor fundamental, e praticar modos de interação que facilitem o desenvolvimento humano e profissional das pessoas envolvidas.

Para atingir isso, há quatro pontos básicos: 1) A definição política em cada organização de adotar sistemas de gestão participativa, com ênfase

nos recursos humanos sustentados pela rigorosa análise de resultados e a intensa comunicação; 2) A implantação de sistemas de Garantia - ou Melhoria - constante da Qualidade, integrando, assim, os níveis superiores de cada organização, com o objetivo de satisfazer os usuários do produto final; 3) Promover a formação de pequenos Grupos de Trabalho - sejam eles classificados ou não como Círculos da Qualidade - facilitando, assim, a participação e integração em todos os níveis da organização; 4) Estabelecer uma Política e um Programa Motivacional que reforce positivamente, e de modo constante, a filosofia da organização.

A Garantia da Qualidade do Ensino é viável, e cada Universidade pode criar um grupo inicial que, após familiarizar-se com os detalhes da matéria, passe aos campos da experimentação e da difusão.

Esse investimento em educação proporciona retorno a curto, médio e longo prazos. Isso depende da predisposição para a ação de cada Universidade e dos membros de cada departamento.

O primeiro e mais importante passo é reconhecer a sociedade - indústrias, hospitais, empresas e instituições de modo geral - como usuário e destinatário final, e ao estudante como potencial agente de transformação na relação Usuário-Universidade.

O segundo é estabelecer procedimentos simples de retorno e análises das informações dos usuários, para, assim, fixar medidas corretivas e preventivas que melhorem a Qualidade.

É fundamental que as primeiras experiências sejam debatidas em grupos e difundidas. Somente assim, se gerará a simplicidade e eficácia dos procedimentos, a integração entre as pessoas e grupos, bem como a própria motivação deles.

Uma das essências dessa Política Organizacional é respeitar e desenvolver os seres humanos, o que, de modo algum, significa admitir a negligência ou a indisciplina. Uma grande ferramenta que facilitará a ampla aplicação deste tipo de sistema é, naturalmente, a Informática.

Para que o futuro Engenheiro assimile uma visão sistêmica de Gestão de Tecnologia, Qualidade e Produtividade, é necessário que, como estudante e estagiário, ele participe da aplicação desses conceitos, preferencialmente na sua própria Universidade.

A fim de que os esforços realizados pelo Governo na capacitação de seus próprios recursos humanos atinjam a resultados satisfatórios, deverá ser sumamente seletivo quanto à qualificação e experiência prática dos instrutores contratados...

Quanto à importância da administração de tecnologia nas pequenas e médias Empresas, é o próprio Governo quem a determina, através do poder de compra das próprias Empresas Estatais. Se o Brasil, em termos de Qualidade, está num estágio pelo menos razoável - e em alguns setores já é satisfatório - é como consequência das exigências de Petrobrás, Embraer e outras empresas estatais não menos importantes. As multinacionais, também, têm contribuído neste sentido.

Finalmente, é necessário lembrar que são os Engenheiros os profissionais que, em maior proporção, estão já envolvidos neste assunto, e que cabe portanto às Escolas de Engenharia estar entre as primeiras a se atualizarem nesta importante matéria, facilitando a posterior interação e transmissão de experiências a outras Escolas.

A caminhada é longa, porém, quando virmos que estes conceitos começam a dar resultados nas áreas do Ensino e da Saúde, poderemos ter a convicção de que muitos seres humanos serão beneficiados...

Este é o espírito com que está sendo focado o estudo deste tema, no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

O ABC DO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS APLICADOS A DETERMINAÇÃO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

José Roberto Cardoso*

CARDOSO, José Roberto. O ABC do Método dos Elementos Finitos Aplicados a Determinação de Campos Magnéticos. Rev. Ensino Eng., São Paulo, 5(1): 30-46 19 sem. 1986.

O Método dos Elementos Finitos (MEF) é no momento, o método numérico mais utilizado na determinação de Campos em meios contínuos, devido principalmente ao aparecimento dos modernos sistemas computacionais do tipo CAD/CAM. Sua formulação tradicional é feita através do Cálculo Variacional ou pelo Método de Galerkin, dificultando seu entendimento pelos alunos dos cursos de graduação. Este artigo, apresenta uma nova formulação para o MEF, baseado na aplicação direta da 2ª Equação de Maxwell, sendo facilmente entendida pelos alunos de graduação dos cursos de Engenharia.

Método dos Elementos Finitos. Método Numérico. Determinação de Campos em Meios Contínuos. CAD/CAM.

CARDOSO, José Roberto. The ABC of Finite Element Method Applied to Magnetic Field Determination. Rev. Ensino Eng., São Paulo, 5(1):30-46, 1nd. sem. 1986.

The burst of modern computing systems like CAD/CAM caused the rise of the Finite Elements Method (FEM), which is, at present, the most used numerical procedure in the determination of fields in continuous media. Undergraduate students have found some difficulties in understanding the ordinary way of demonstrating the FEM by the use of the Variational Calculus or the Galerkin Method. This paper introduces a new formulation for the FEM, based on a direct application of the second Maxwell's Equation, which can be easily understood by the Engineering undergraduates students.

Finite Element Method. Numerical Methods. Field Determination in Continuous Media. CAD/CAM.

* Professor Titular de Eletromagnetismo da Faculdade de Engenharia Industrial Santa Cecília - UNICEB.

1 INTRODUÇÃO

O Método dos Elementos Finitos (MEF) é atualmente a mais poderosa ferramenta utilizada na determinação da distribuição em campos contínuos.

Sua primeira aplicação foi introduzida na análise de estruturas em 1956, e desde então este processo tem sido implementado de tal ordem, que existem inúmeros programas para computadores digitais, implantados na maioria das empresas de grande porte.

Infelizmente, a totalidade dos textos versando sobre este tema, apresenta uma formulação para o MEF a partir do Cálculo Variacional ou a partir do Método de Galerkin, dificultando o seu entendimento pelos alunos de graduação, visto que tais técnicas só são apresentadas em cursos mais avançados de pós-graduação ou de especialização.

Visando contornar este problema, este artigo desenvolve uma forma para a aplicação do MEF na determinação da distribuição de campos magnéticos estacionários, a qual é derivada diretamente das Equações de Maxwell, sendo facilmente entendida pelo estudante de graduação dos cursos de engenharia.

Finalmente, para auxiliar o entendimento, é apresentado no final do texto um exemplo que poderá dar ao leitor subsídios para implantação de seu programa em computador.

2 NOTAÇÃO

a, b, c - coeficientes

NE - número total de elementos

e - número de um elemento genérico

$\nu = \frac{1}{\mu}$ - relutividade

J - densidade de corrente

N - funções de forma

NN - número total de nós

E_i^e - parcela de circulação em torno do nó i, no elemento e.

H - Vetor intensidade magnética

A - Vetor Potencial Magnético

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - coeficientes

O ABC DO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS APLICADOS A DETERMINAÇÃO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

José Roberto Cardoso*

CARDOSO, José Roberto. O ABC do Método dos Elementos Finitos Aplicados a Determinação de Campos Magnéticos. Rev. Ensino Eng., São Paulo, 5(1): 30-46 19 sem. 1986.

O Método dos Elementos Finitos (MEF) é no momento, o método numérico mais utilizado na determinação de Campos em meios contínuos, devido principalmente ao aparecimento dos modernos sistemas computacionais do tipo CAD/CAM. Sua formulação tradicional é feita através do Cálculo Variacional ou pelo Método de Galerkin, dificultando seu entendimento pelos alunos dos cursos de graduação. Este artigo, apresenta uma nova formulação para o MEF, baseado na aplicação direta da 2ª Equação de Maxwell, sendo facilmente entendida pelos alunos de graduação dos cursos de Engenharia.

Método dos Elementos Finitos. Método Numérico. Determinação de Campos em Meios Contínuos. CAD/CAM.

CARDOSO, José Roberto. The ABC of Finite Element Method Applied to Magnetic Field Determination. Rev. Ensino Eng., São Paulo, 5(1):30-46, 1nd. sem. 1986.

The burst of modern computing systems like CAD/CAM caused the rise of the Finite Elements Method (FEM), which is, at present, the most used numerical procedure in the determination of fields in continuous media. Undergraduate students have found some difficulties in understanding the ordinary way of demonstrating the FEM by the use of the Variational Calculus or the Galerkin Method. This paper introduces a new formulation for the FEM, based on a direct application of the second Maxwell's Equation, which can be easily understood by the Engineering undergraduates students.

Finite Element Method. Numerical Methods. Field Determination in Continuous Media. CAD/CAM.

* Professor Titular de Eletromagnetismo da Faculdade de Engenharia Industrial Santa Cecília - UNICEB.

1 INTRODUÇÃO

O Método dos Elementos Finitos (MEF) é atualmente a mais poderosa ferramenta utilizada na determinação da distribuição em campos contínuos.

Sua primeira aplicação foi introduzida na análise de estruturas em 1956, e desde então este processo tem sido implementado de tal ordem, que existem inúmeros programas para computadores digitais, implantados na maioria das empresas de grande porte.

Infelizmente, a totalidade dos textos versando sobre este tema, apresenta uma formulação para o MEF a partir do Cálculo Variacional ou a partir do Método de Galerkin, dificultando o seu entendimento pelos alunos de graduação, visto que tais técnicas são apresentadas em cursos mais avançados de pós-graduação ou de especialização.

Visando contornar este problema, este artigo desenvolve uma forma para a aplicação do MEF na determinação da distribuição de campos magnéticos estacionários, a qual é derivada diretamente das Equações de Maxwell, sendo facilmente entendida pelo estudante de graduação dos cursos de engenharia.

Finalmente, para auxiliar o entendimento, é apresentado no final do texto um exemplo que poderá dar ao leitor subsídios para implantação de seu programa em computador.

2 NOTAÇÃO

a, b, c - coeficientes

NE - número total de elementos

e - número de um elemento genérico

$\nu = \frac{1}{\mu}$ - relutividade

J - densidade de corrente

N - funções de forma

NN - número total de nós

E_i^e - parcela de circulação em torno do nó i, no elemento e.

H - Vetor intensidade magnética

A - Vetor Potencial Magnético

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - coeficientes

Índices:

i, j, k - notação nodal, elemento genérico

p, q, r - notação nodal, global.

3 DISCRETIZAÇÃO

A análise a ser desenvolvida neste artigo, é aplicada somente a situações onde uma representação bidimensional do problema é adequada; no entanto, esta poderá ser estendida às representações tridimensionais através de uma expansão cuidadosa do método apresentado.

O primeiro passo na aplicação do MEF, consiste em discretizar o domínio em estudo, em pequenos subdomínios, denominado elemento finito, que na sua forma simples é um triângulo.

Alguns cuidados devem ser tomados ao se efetuar a discretização para que a aplicação do método seja realizada com sucesso, são eles:

- (i) nesta análise o meio no interior do elemento deve ser uniforme, possuindo portanto propriedades constantes em todos os pontos do elemento.
- (ii) os elementos não precisam ter o mesmo tamanho; sugere-se no entanto, colocar uma quantidade maior de elementos onde se espera uma maior variação do campo, como ocorre em descontinuidades geométricas.

A Figura 1 mostra um domínio genérico bidimensional, discretizado em elementos triangulares.

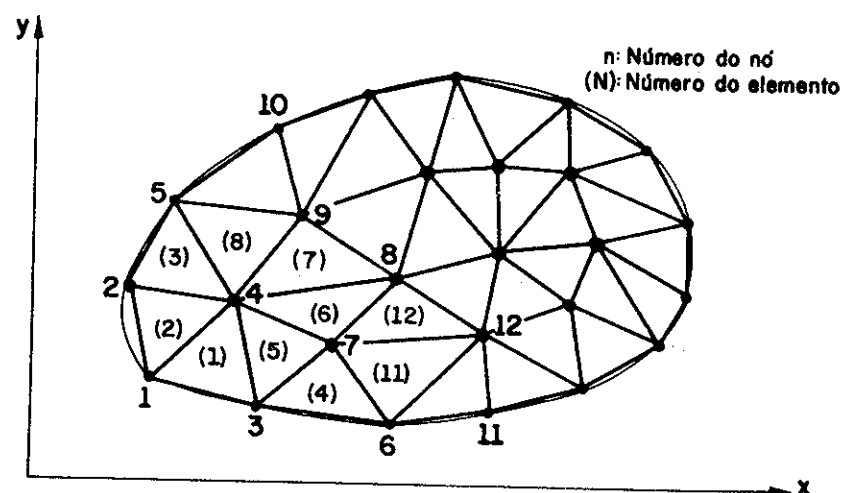


Figura 1 - Domínio bidimensional, dividido em elementos triangulares.

4 A SEGUNDA EQUAÇÃO DE MAXWELL

A Segunda Equação de Maxwell, afirma que a circulação do Vetor Intensidade Magnética (H) ao longo de um contorno C é igual a totalidade das correntes concatenadas com este contorno.

Vamos aplicar esta equação, a contornos poligonais, cujas arestas passam pelos meios dos lados do elemento e se cruzam no centro do mesmo (Fig. 2).

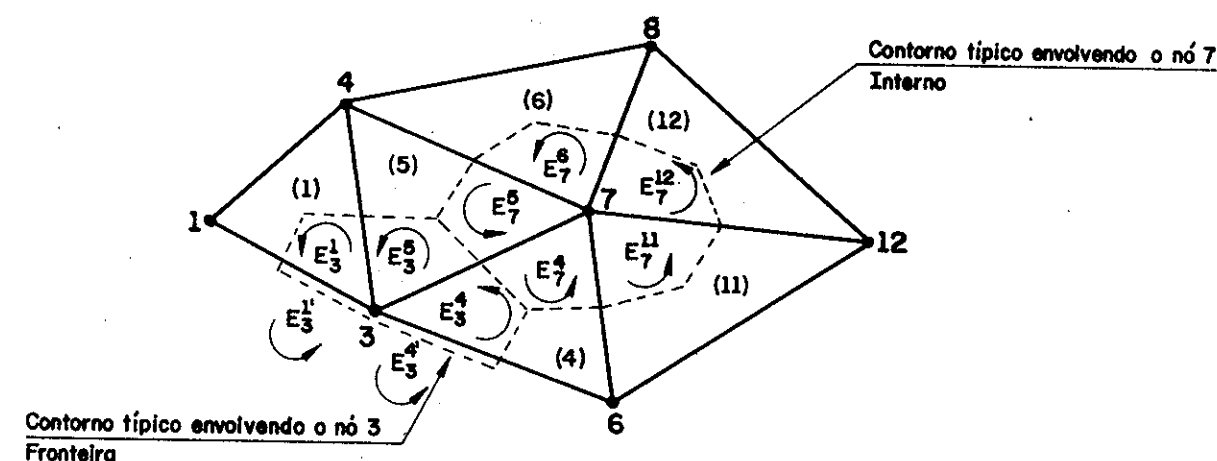


Figura 2 - Contornos típicos envolvendo os nós.

Na Figura 3 mostramos um elemento genérico, o ponto O é o centro do elemento, e os pontos P, S e G são os pontos médios dos lados. Os segmentos $\overline{PO}$ e $\overline{OS}$ são partes do contorno que envolve o nó i . Analogamente, os segmentos $\overline{PO}$ e $\overline{OG}$ são partes do contorno que envolve o nó j ; finalmente os segmentos $\overline{SO}$ e $\overline{OG}$ são partes do contorno que envolve o nó k .

Na Figura 3, o termo E_i^e representa a integral de linha do vetor intensidade magnética ($\vec{H}$), nos segmentos $\overline{PO}$ e $\overline{OS}$. De forma análoga, são definidos os termos E_j^e e E_k^e . Assim,

$$E_i^e = \int_{\overline{POS}} \vec{H} \cdot d\vec{\ell} \quad (1)$$

Deste modo, para os contornos mostrados na Figura 2, podemos escrever:

$$E_7^5 + E_7^4 + E_7^{11} + E_7^{12} + E_7^6 = \oint_{c_7} \vec{H} \cdot d\vec{\ell} \quad (2)$$

Para o contorno envolvendo o nó 7, e

$$E_3^1 + E_3^4 + E_3^5 + E_3^{1'} + E_3^{4'} = \oint_{c_3} \vec{H} \cdot d\vec{l} \quad (3)$$

Para o contorno envolvendo o nó 3.

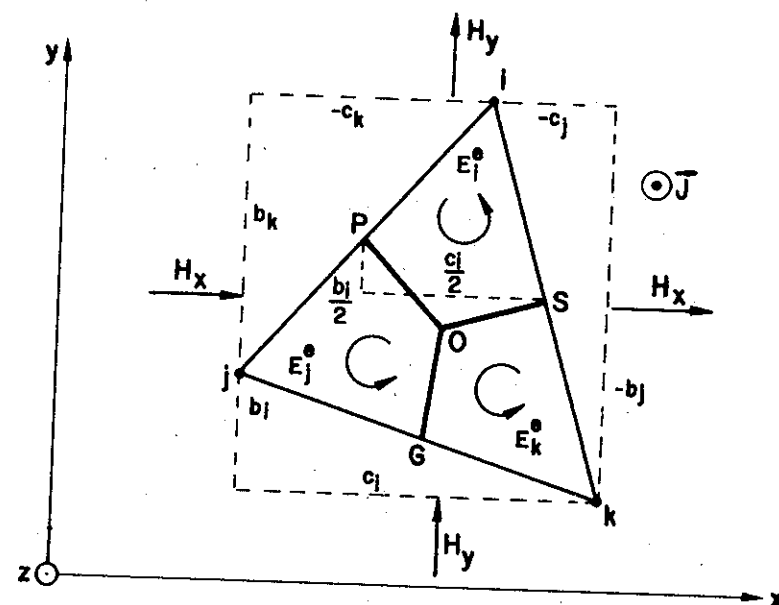


Figura 3 - Partes do contorno internas ao elemento.

5 ANÁLISE PARA O ELEMENTO TRIANGULAR - BIDIMENSIONAL

5.1 Distribuição do vetor potencial magnético no interior do elemento

Vamos identificar os vértices por i, j e k seguindo o sentido anti-horário, como mostra a Figura 3.

Sejam A_i , A_j e A_k , os valores das componentes na direção z do Vetor Potencial Magnético nos nós i, j e k respectivamente.

Suponhamos agora, que a distribuição do Vetor Potencial Magnético no interior do elemento, possa ser representada por uma função polinomial do tipo:

$$A(x, y) = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y \quad (4)$$

As constantes α_1, α_2 e α_3 , são determinadas a partir de (4) pela substituição dos Potenciais Magnéticos e coordenadas nodais, como segue:

$$\begin{aligned} A_i &= \alpha_1 + \alpha_2 x_i + \alpha_3 y_i \\ A_j &= \alpha_1 + \alpha_2 x_j + \alpha_3 y_j \\ A_k &= \alpha_1 + \alpha_2 x_k + \alpha_3 y_k \end{aligned} \quad (5)$$

Resolvendo o sistema de equações (5) obtemos:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{1}{2\Delta} (a_i A_i + a_j A_j + a_k A_k) \\ \alpha_2 &= \frac{1}{2\Delta} (b_i A_i + b_j A_j + b_k A_k) \\ \alpha_3 &= \frac{1}{2\Delta} (c_i A_i + c_j A_j + c_k A_k) \end{aligned} \quad (6)$$

onde:

$$\begin{aligned} a_i &= x_j y_k - x_k y_j & a_j &= x_k x_i - x_i x_k & a_k &= x_i y_j - x_j y_i \\ b_i &= y_j - y_k & b_j &= y_k - y_i & b_k &= y_i - y_j \\ c_i &= x_k - x_j & c_j &= x_i - x_k & c_k &= x_j - x_i \end{aligned} \quad (7)$$

e o determinante,

$$\Delta = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_k & y_k \end{vmatrix} = \frac{1}{2} (b_i c_j - b_j c_i)$$

é a área do elemento.

Assim, substituindo (6) e (7) em (4), obtemos a equação da distribuição do Potencial Magnético dentro do elemento, como segue:

$$A(x, y) = N_i A_i + N_j A_j + N_k A_k \quad (8)$$

onde as funções N_i, N_j e N_k são denominadas funções de forma do elemento e são definidas por:

$$N_i = \frac{1}{2\Delta} (a_i + b_i x + c_i y) \quad N_j = \frac{1}{2\Delta} (a_j + b_j x + c_j y) \quad N_k = \frac{1}{2\Delta} (a_k + b_k x + c_k y) \quad (9)$$

Verifica-se portanto, que assim procedendo, o Potencial Magnético no interior do elemento varia linearmente. Esta linearidade, implica na continuidade desta distribuição na fronteira entre elementos.

As Figuras 4a e 4b, apresentam uma interpretação geométrica, para esta aproximação.

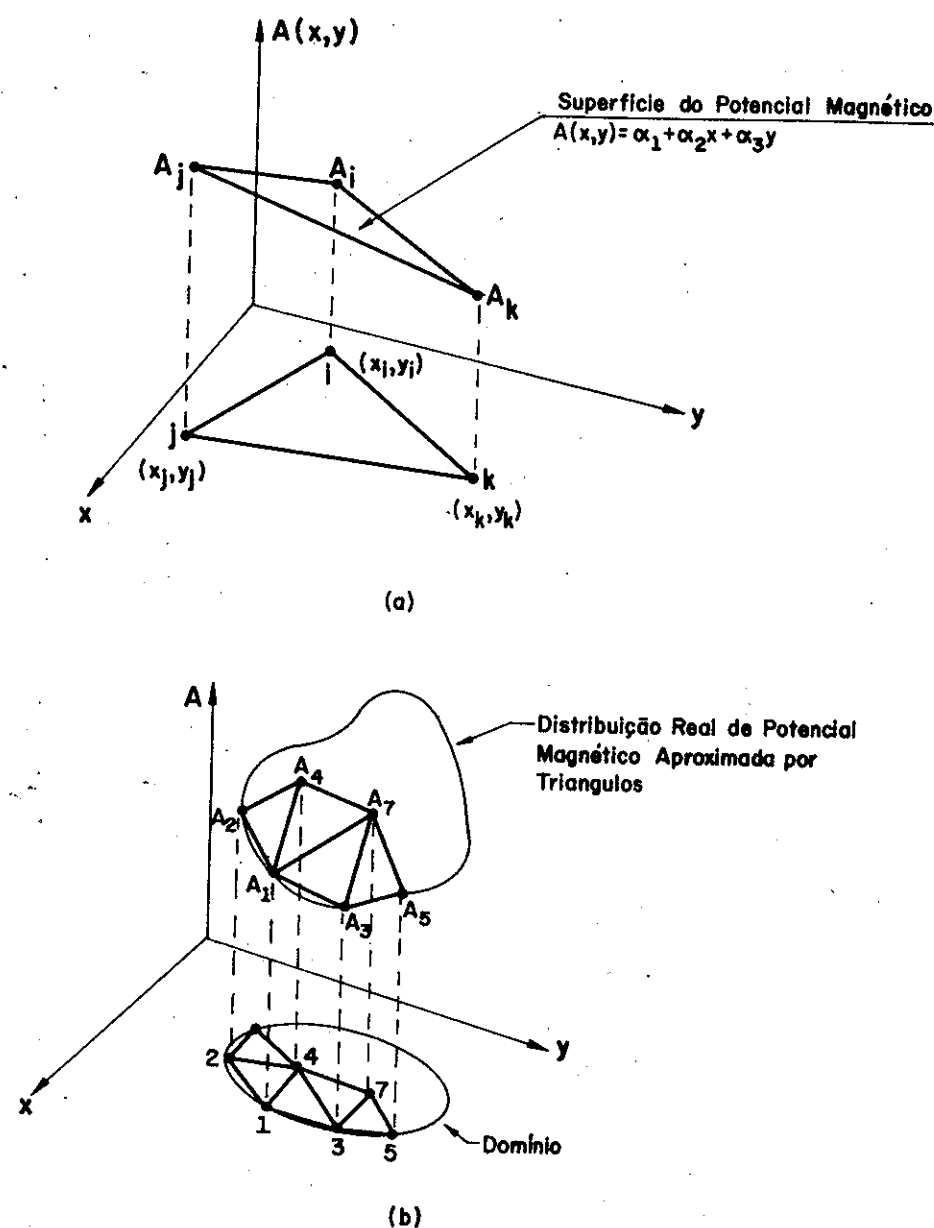


Figura 4 - Interpretação Geométrica.

5.2 Campo Magnético no Interior do Elemento

Sabemos que:

$$\vec{B} = \text{rot } \vec{A} \quad (10)$$

Sendo $A = A(x,y) \vec{u}_z$, resulta que:

$$B = \frac{\partial A}{\partial x} \vec{u}_y - \frac{\partial A}{\partial y} \vec{u}_x \quad (11)$$

Temos então:

$$B_x = \frac{\partial A}{\partial y} = \frac{1}{2\Delta} (c_i A_i + c_j A_j + c_k A_k) \quad (12)$$

$$B_y = -\frac{\partial A}{\partial x} = -\frac{1}{2\Delta} (b_i A_i + b_j A_j + b_k A_k)$$

Observa-se portanto, que o tipo de aproximação adotada implica em se ter B constante no interior do elemento, assim sendo, podemos escrever:

$$H_x = \nu B_x = \frac{\nu}{2\Delta} (c_i A_i + c_j A_j + c_k A_k) \quad (13)$$

$$H_y = \nu B_y = -\frac{\nu}{2\Delta} (b_i A_i + b_j A_j + b_k A_k)$$

5.3 Circulação Parcial no Interior do Elemento

Para um contorno genérico envolvendo um nó, vamos calcular a contribuição à circulação, devido a um elemento.

Sendo E_i^e a parcela da circulação em torno do nó i, podemos escrever:

$$E_i^e = H_x (x_s - x_p) + H_y (y_s - y_p)$$

Substituindo H_x e H_y por seus valores, resulta:

$$E_i^e = \frac{\nu}{2\Delta} (c_i A_i + c_j A_j + c_k A_k) \frac{(x_k - x_j)}{2} + \frac{\nu}{2\Delta} (b_i A_i + b_j A_j + b_k A_k) \frac{(y_j - y_k)}{2}$$

ou ainda,

$$E_i^e = \frac{\nu}{4\Delta} [(c_i c_i + b_i b_i) A_i + (c_i c_j + b_i b_j) A_j + (c_i c_k + b_i b_k) A_k] \quad (14)$$

Analogamente, obtemos E_j^e , que corresponde a parcela da circulação em torno do nó j , como segue:

$$E_j^e = H_x (x_p - x_g) + H_y (y_p - y_g)$$

Substituindo H_x e H_y por seus valores, resulta:

$$E_j^e = \frac{v}{2\Delta} [c_i A_i + c_j A_j + c_k A_k] \frac{(x_i - x_k)}{2} + \frac{v}{2\Delta} [b_i A_i + b_j A_j + b_k A_k] \frac{(y_k - y_i)}{2}$$

ou ainda,

$$E_j^e = \frac{v}{4\Delta} [(c_j c_i + b_j b_i) A_i + (c_j c_j + b_j b_j) A_j + (c_j c_k + b_j b_k) A_k] \quad (15)$$

Para a parcela de circulação em torno do nó k , obtemos de forma análoga o que segue:

$$E_k^e = \frac{v}{4\Delta} [(c_k c_i + b_k b_i) A_i + (c_k c_j + b_k b_j) A_j + (c_k c_k + b_k b_k) A_k] \quad (16)$$

Matricialmente, podemos escrever:

$$\begin{bmatrix} E_i^e \\ E_j^e \\ E_k^e \end{bmatrix} = \frac{v}{4\Delta} \begin{bmatrix} c_i c_i + b_i b_i & c_i c_j + b_i b_j & c_i c_k + b_i b_k \\ & c_j c_j + b_j b_j & c_j c_k + b_j b_k \\ \text{Simétrica} & & c_k c_k + b_k b_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_i \\ A_j \\ A_k \end{bmatrix} \quad (17)$$

ou ainda,

$$\{E^e\} = \{S^e\} \{A^e\} \quad (18)$$

5.4 Corrente Concatenada

Em cada elemento, temos contribuições para corrente concatenada de três contornos diferentes. Admitindo densidade de corrente uniforme no interior do elemento, essas contribuições são tais que:

$$I_j^e = I_j^e = I_k^e = J^e \frac{\Delta}{3}$$

ou matricialmente

$$\{I^e\} = \begin{bmatrix} I_j^e \\ I_j^e \\ I_k^e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J^e \frac{\Delta}{3} \\ J^e \frac{\Delta}{3} \\ J^e \frac{\Delta}{3} \end{bmatrix} \quad (19)$$

5.5 Geração das Matrizes dos Elementos

Após a confecção da malha de elementos finitos, os nós e os elementos são numerados, a princípio em qualquer ordem, como segue:

Elemento: 1, 2, ..., e, ..., NE

onde NE é o número total de nós de malha.

Nós: 1, 2, ..., n, ..., NN

onde NN é o número total de nós de malha.

Assim, os nós i, j e k do elemento genérico da Figura 3, devem ser identificados com os nós p, q e r do mesmo elemento na forma global, montando assim as matrizes globais do elemento.

Para esclarecer, consideremos a malha da Figura 5.

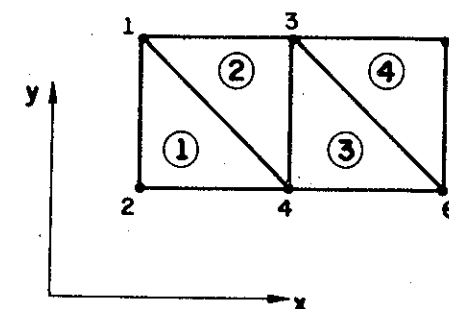


Figura 5 - Domínio em Estudo.

Para um elemento genérico do domínio identificamos seus vértices de i, j e k começando por qualquer nó e percorrendo-o no sentido anti-horário, como mostra a Figura 6.

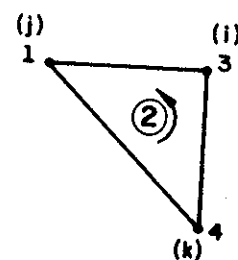


Figura 6 - Identificação local do elemento 2.

A correspondência entre a numeração local e a numeração global no elemento 2 é mostrada no Quadro 1.

Numeração local	i	j	k
Numeração global	3	1	4

Quadro 1 - Correspondência entre a numeração local e a numeração global do elemento 2.

Na numeração local, as matrizes do elemento 2 são dadas por:

$$[S^2][A^2] = \begin{bmatrix} S_{ii}^2 & S_{ij}^2 & S_{ik}^2 & A_i^2 \\ & S_{jj}^2 & S_{jk}^2 & A_j^2 \\ \text{Sim} & & S_{kk}^2 & A_k^2 \end{bmatrix}, \quad I^2 = \begin{bmatrix} I_i^2 \\ I_j^2 \\ I_k^2 \end{bmatrix} \quad (20)$$

enquanto que na numeração global, as mesmas matrizes são escritas como segue:

$$\begin{array}{c|c|c|c|c|c|c|c} \text{Local} \rightarrow & i & j & k & & & & \\ \text{Global} \rightarrow & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & \\ \hline i \rightarrow 1 & S_{11}^2 & 0 & S_{13}^2 & S_{14}^2 & 0 & 0 & A_1 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A_2 \\ i \rightarrow 3 & S_{31}^2 & 0 & S_{33}^2 & S_{34}^2 & 0 & 0 & A_3 \\ k \rightarrow 4 & S_{41}^2 & 0 & S_{43}^2 & S_{44}^2 & 0 & 0 & A_4 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A_5 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A_6 \end{array} = [S^2] \cdot [A^2] \quad [I^2] = \begin{bmatrix} I_1^2 \\ 0 \\ I_3^2 \\ I_4^2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Analogamente para o elemento 4 temos:

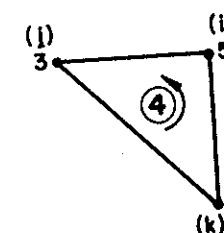


Figura 7 - Identificação do elemento 4.

Numeração local	i	j	k
Numeração global	5	3	6

Quadro 2 - Correspondência entre a numeração local e a numeração global para o elemento 4.

Na numeração local para o elemento 4, temos:

$$[S^4][A^4] = \begin{bmatrix} S_{ii}^4 & S_{ij}^4 & S_{ik}^4 \\ & S_{jj}^4 & S_{jk}^4 \\ \text{Sim} & & S_{kk}^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_i^4 \\ A_j^4 \\ A_k^4 \end{bmatrix}, \quad [I^4] = \begin{bmatrix} I_i^4 \\ I_j^4 \\ I_k^4 \end{bmatrix} \quad (22)$$

Enquanto que na numeração global, resulta:

$$\begin{array}{c|cccccc|c} \text{Local} \rightarrow & & & j & i & k & \\ \text{Global} \rightarrow & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A_1 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A_2 \\ j \rightarrow 3 & 0 & 0 & S_{jj}^4 & 0 & S_{ji}^4 & S_{jk}^4 & A_3 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A_4 \\ i \rightarrow 5 & 0 & 0 & S_{ij}^4 & 0 & S_{ii}^4 & S_{ik}^4 & A_5 \\ k \rightarrow 6 & 0 & 0 & S_{kj}^4 & 0 & S_{ki}^4 & S_{kk}^4 & A_6 \end{array} = [S^4][A^4] \quad [I^4] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ I_j^4 \\ 0 \\ I_i^4 \\ I_k^4 \end{bmatrix} \quad (23)$$

A montagem das matrizes globais, devido a todos os elementos é consequência direta da Segunda Equação de Maxwell.

Assim, a Segunda Equação de Maxwell aplicada a um contorno envolvendo o nó n é dada por:

$$\sum_{e=1}^{NE} E_n^e = \sum_{e=1}^{NE} I_n^e \quad (24)$$

A representação matricial da equação (24) é escrita como segue:

$$\begin{bmatrix} NE \\ \sum_{c=1} E_1^e \\ NE \\ \sum_{e=1} E_2^e \\ \vdots \\ NE \\ \sum_{e=1} E_n^e \\ \vdots \\ NE \\ \sum_{e=1} E_N^e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} NE \\ \sum_{c=1} I_1^e \\ NE \\ \sum_{e=1} I_2^e \\ \vdots \\ NE \\ \sum_{e=1} I_n^e \\ \vdots \\ NE \\ \sum_{e=1} I_N^e \end{bmatrix} \quad (25)$$

Verifica-se facilmente, que as matrizes da equação (25), são obtidas através da soma das matrizes de todos os elementos. Para o domínio da Figura 5, obtemos as matrizes globais com o seguinte aspecto:

$$\begin{array}{c|cccccc|c|c} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & & \\ \hline 1 & x0 & x & 0 & x0 & 0 & 0 & A_1 & x0 \\ 2 & x & x & 0 & x & 0 & 0 & A_2 & x \\ 3 & 0 & 0 & \square 0 \Delta & \square 0 & \Delta & \square \Delta & A_3 & \square 0 \Delta \\ 4 & x0 & x & \square 0 & \square 0 & 0 & \square & A_4 & x0 \square \\ 5 & 0 & 0 & \Delta & 0 & \Delta & \Delta & A_5 & \Delta \\ 6 & 0 & 0 & \square \Delta & \square & \Delta & \square \Delta & A_6 & \square \Delta \end{array} =$$

Contribuições do Elemento

Símbolo Elemento

x $\longrightarrow$ 1
o $\longrightarrow$ 2
 $\longrightarrow$ 3
 Δ $\longrightarrow$ 4

Figura 8 - Processo de Montagem das Matrizes Globais.

5.6 Introdução das Condições de Contorno

Em alguns nós do domínio, o Vetor Potencial Magnético é especificado, e deve ser considerado na solução. Em estruturas magnéticas, estende-se o domínio em estudo além das dimensões de estrutura, e nos nós mais afastados atribui-se valor nulo ao Vetor Potencial Magnético.

Seja por exemplo $A_n = \bar{A}$ o valor do Potencial Magnético que se pretende impor no sistema de equações. A imposição desta condição consiste em se modificar a linha n da matriz dos coeficientes fazendo:

$$\begin{aligned} S_{nn} &= 1 \\ S_{ni} &= 0 \quad \text{para } i \neq n \\ I_n &= \bar{A} \end{aligned}$$

Assim, se no exemplo, A_4 for conhecido, as matrizes finais serão dadas por:

	1	2	3	4	5	6		
1	x0	x	0	x0	0	0	A_1	x0
2	x	x	0	x	0	0	A_2	x
3	0	0	$\square 0 \Delta$	$\square 0$	Δ	$\square \Delta$	A_3	$\square 0 \Delta$
4	0	0	0	1	0	0	A_4	$\bar{A}$
5	0	0	Δ	0	Δ	Δ	A_5	Δ
6	0	0	$\square \Delta$	$\square$	Δ	$\square \Delta$	A_6	$\square \Delta$

Figura 9 - Matriz Global após a introdução das Condições de Retorno.

5.7 Resolução do Sistema de Equações

Após a introdução das Condições de Contorno, o próximo passo consiste na resolução do Sistema de Equações resultante, que na sua forma geral é expresso por:

$$S \cdot A = I \quad (26)$$

Cuja solução é tal que:

$$A = S^{-1} \cdot I \quad (27)$$

Esta é a etapa mais trabalhosa na solução de um problema de campo pelo MEF, visto ser o sistema de equações de ordem elevada.

Basicamente, existem 2 tipos de métodos numéricos para a resolução do sistema de equações. São eles:

- . Métodos diretos
- . Métodos iterativos

Quanto aos métodos diretos, os três algoritmos usados são:

- . Eliminação de Gauss
- . Fatorização de Choleski
- . Fatorização de Gauss-Choleski

Quanto aos métodos iterativos, temos:

- . Método de Gauss-Seidel
- . Método de Newton-Raphson
- . Método de Sobre-Relaxação

Os métodos diretos são mais versáteis para problemas lineares, razão pela qual gozam de maior popularidade, ao passo que nos problemas não lineares, os métodos iterativos são mais adequados.

6 CONCLUSÃO

O MEF, como todo método numérico consiste em determinar um sistema de equações algébricas cuja solução é solução aproximada de um fenômeno físico descrito por equações diferenciais.

No caso presente, o domínio em estudo é bidimensional, resultando equações simples; no entanto, o método pode ser estendido para domínios tridimensionais com uma expansão cuidadosa do método aqui proposto.

É óbvio que este trabalho não esgota o assunto, devendo o leitor interessado em se aprofundar neste tema, consultar a bibliografia citada no final do texto.

BIBLIOGRAFIA

- BATHE, K.J. *Finite element procedures in Engineering analysis*. Englewoods Cliffs. New Jersey, Prentice Hall, 1982, 735 p.
- BATHE, K.J. and WILSON, E.L. *Numerical Methods in finite element analysis*. Englewoods Cliffs. New Jersey, Prentice Hall, 1976, 527 p.
- SILVESTER, P.P. and FERRARI, R.L. *Finite element for electrical engineers*. Cambridge. Cambridge University Press, 1983, 207 p.
- ZIENKIEWICZ, O.C. *The finite element method*. Third Edition Swansea, Wales, U.K., Mc GrawHill, 1977, 787 p.
- ZIENKIEWICZ, O.C. and MORGAN, K. *Finite Element and approximation*. Swansea, Wales, U.K., John Wiley & Sons, 1982, 328 p.
- DESAI, C.S. *Elementary Finite Element Method*. Englewoods Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 1979, 433 p.
- KAO, T.K.; HARDISTY, H. and WALLACE, F.J. *An energy balance approach to finite element method applied to heat transfer analysis*. The international Journal of Mechanical Engineering Education. Vol.11, nº 1, 1983, p.1-19.
- HANALLA, A.Y., MACDONALD, D.C. *Numerical Analysis of transient field problems in electrical machines*. Proc. IEE, Vol.123, nº 9, September 1976, p.893-898.

ISSN-0101-5001
Rev.Ensino Eng., São Paulo
5(1): 47-60, 1º sem. de 1986

CINETICA ELECTROQUÍMICA. SU ENSEÑANZA EXPERIMENTAL⁽¹⁾

Raquel O. Bielsa *
Jose M. Bisang *

BIELSA, Raquel O.; BISANG, Jose M. Cinética Electroquímica. Su enseñanza experimental. Rev.Ensino Eng., São Paulo, 5(1): 47-60, 1º sem. 1986.

Se estudian reacciones electroquímicas con control por transferencia de carga, masa o mixto. Para el primer caso, se ha tomado como sistema en estudio la reacción de evolución de hidrógeno desde soluciones de ácido sulfúrico sobre distintos metales (Pt, Cu, Zn), analizándose las propiedades electrocatalíticas del material del electrodo. La influencia del transporte de masa sobre la velocidad de la reacción electroquímica es investigada tomando como reacción test la oxidación-reducción de la cupla redox $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ sobre un alambre de Pt. A continuación se analiza la deposición de Zn desde soluciones de sulfato de zinc acidificadas. De esta manera, se logra que el estudiante adquiera un manejo más claro de los conceptos de la cinética electroquímica capacitándolo para su aplicación a casos prácticos.

Cinética electroquímica. Sobrepotencial de transferencia de carga. Sobrepotencial de transferencia de masa. Electroextracción de zinc.

BIELSA, Raquel O.; BISANG, Jose M. Electrochemical Kinetics. Its experimental teaching. Rev.Ensino Eng., São Paulo, 5(1): 47-60, 1º sem. 1986.

Electrochemical reactions controlled by charge transfer, by diffusion or with mixed control are studied. For the first case, the hydrogen evolution reaction from sulphuric acid solutions over different metals (Pt, Cu, Zn) has been taken as a study case analyzing the electrocatalytic properties of the electrode material. The influence of mass transfer on the rate of electrochemical reaction is investigated using as a

(1) Este trabalho foi apresentado de forma reduzida no "Seminário Regional Latinoamericano y del Caribe. Enseñanza Experimental de la Ingeniería" realizado de 7 a 11 de outubro de 1985 em Santa Fé, Argentina.

* Departamento de Fisicoquímica y Programa de Electroquímica Aplicada e Ingeniería Electroquímica - F.I.Q. - U.N.L. - CONICET, Santa Fé, Argentina.

test reaction the oxidation-reduction of the redox couple $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ on a Pt wire. The more complex, Zn deposition from acidified zinc sulphate solutions is also analyzed. In this way, the student gets a good handling of the electrochemical concepts which enables him to use these tools in engineering practice.

Electrochemical Kinetics. Charge-Transfer Overvoltage. Diffusion Overvoltage. Electrowinning of zinc.

1 INTRODUCCION

Uno de los objetivos importantes del curso de Fisicoquímica de las carreras de Ingeniería Química y Licenciatura en Química, es dotar al alumno del conocimiento y criterio necesarios para obtener y evaluar datos fisicoquímicos ya sea provenientes de la bibliografía o a partir de experiencias propias. En este contexto, la identificación del tipo de control cinético que tiene una reacción es necesario para la selección del reactor electroquímico y la evaluación de los parámetros cinéticos respectivos es imprescindible para su diseño y optimización. Además de estas motivaciones de índole práctica, existen falencias o falta de rigurosidad en el tratamiento de la cinética electroquímica en los textos más utilizados en Fisicoquímica. Estas son las razones que han llevado a implementar el presente trabajo práctico.

2 FUNDAMENTOS TEORICOS

En este punto, sólo se da un resumen de los fundamentos teóricos debiendo el alumno recurrir a la bibliografía especializada del tema [1] - [3].

Al igual que para una reacción química, las reacciones electroquímicas ocurren siguiendo una serie de pasos, entre los que pueden citarse:

- difusión de los reactivos desde el seno de la solución a la superficie del electrodo.
- reacción química de los reactivos para generar una sustancia susceptible de reaccionar en el electrodo.
- transferencia de electrones entre el electrodo y la especie química correspondiente (único paso puramente electroquímico).
- reacciones químicas posteriores a la transferencia de carga.

- difusión de los productos desde la superficie del electrodo al seno de la solución.

Usualmente, alguna de estas etapas es más lenta que las restantes (etapa determinante) y condiciona la velocidad de la reacción. La cual, expresada por su densidad de corriente será función de la temperatura, concentración de las distintas especies químicas intervinientes y sobrepotencial aplicado.

Los casos de control más usuales son:

- 2.1 La etapa lenta es la transferencia del electrón; se dice que la reacción es controlada por transferencia de carga o por activación.

Su velocidad de reacción está dada por la ecuación de Butler-Volmer:

$$i = i_0 [\exp(\alpha n F \eta / RT) - \exp(-\beta n F \eta / RT)] \quad (1)$$

Para altos sobrepotenciales, la ec. (1) se reduce en valor absoluto a,

zona anódica:

$$i = i_0 \exp\left(\frac{\alpha n F}{RT} \eta\right) \quad (2-a)$$

zona catódica:

$$i = i_0 \exp\left(\frac{\beta n F}{RT} \eta\right) \quad (2-b)$$

que logaritmando y reordenando conduce a la ecuación de Tafel:

$$\eta = a + b \log i \quad (3)$$

con:

$$a = -2,3 \frac{RT}{\alpha n F} \log i_0, \quad (3-a) \quad a = -2,3 \frac{RT}{\beta n F} \log i_0, \quad (3-c)$$

$$b = 2,3 \frac{RT}{\alpha n F}, \quad (3-b) \quad b = 2,3 \frac{RT}{\beta n F}, \quad (3-d)$$

siendo α y β los coeficientes de transferencia de carga de las etapas anódica y catódica respectivamente, e i_0 la densidad de corriente de intercambio. Este último parámetro es útil para analizar el efecto electrocatalítico del metal del electrodo.

- 2.2 La etapa lenta es la difusión de los reactivos o productos, en este caso se dice que la reacción es controlada por transferencia de masa,

Para un electrodo redox la expresión de la velocidad es:

$$\eta = \frac{RT}{nF} \ln \frac{1 - \frac{i}{i_{L,0}}}{1 - \frac{i}{i_{L,R}}} \quad (4)$$

3 EQUIPAMIENTO

En la Figura 1 se muestra el arreglo experimental utilizado.

Se emplea una celda electroquímica de tres electrodos de configuración cilíndrica, con el fin de uniformar la distribución del potencial y la corriente. El electrodo de trabajo (ET), aquel en el cual se efectúa la reacción electroquímica en estudio, es posicionado centralmente. El contraelectrodo (CE), construido con tres barras de carbón, es dispuesto simétricamente en la periferia. Ambos son energizados por medio de una fuente de 12 V - 1A conectada con la polaridad adecuada. El potencial del ET es medido con respecto a un electrodo de referencia de calomel (ER) mediante un voltímetro con impedancia de entrada de 10 MΩ. Este último electrodo está unido a un capilar Haber-Luggin, posicionado en las cercanías de E.T., con el fin de minimizar la caída óhmica de la solución en esta región. Las experiencias son conducidas potenciostáticamente efectuándose el control en forma manual.

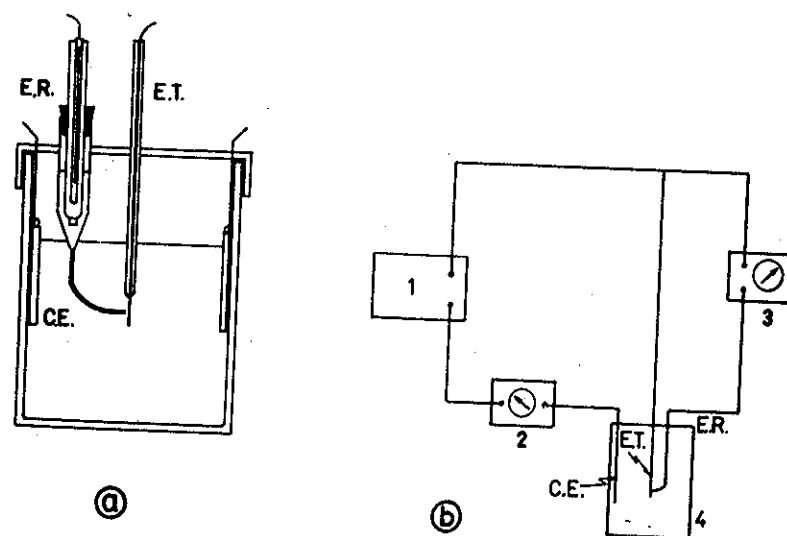


Figura 1 - a. Celda de tres electrodos. b. Arreglo Experimental. 1. Fuente. 2. Amperímetro. 3. Voltímetro de alta impedancia. 4. Celda electroquímica.

En las experiencias destinadas a analizar las características de los depósitos de zinc se emplea una celda de configuración paralelepípedica. El ánodo, construido de plomo, y el cátodo, de cobre, cubren totalmente dos caras opuestas de la celda de modo que la distribución de corriente sea uniforme. La separación entre electrodos es de 9 cm y el área de los mismos de 12,75 cm².

Se trabaja a temperatura ambiente.

4 PARTE EXPERIMENTAL

4.1 Control por Transferencia de Carga

Se ha tomado como reacción de estudio la evolución de hidrógeno sobre distintos metales (Pt, Cu, Zn) desde soluciones de ácido sulfúrico 1 Normal.

En la Figura 2 se representan las curvas de densidad de corriente en función del sobrepotencial aplicado.

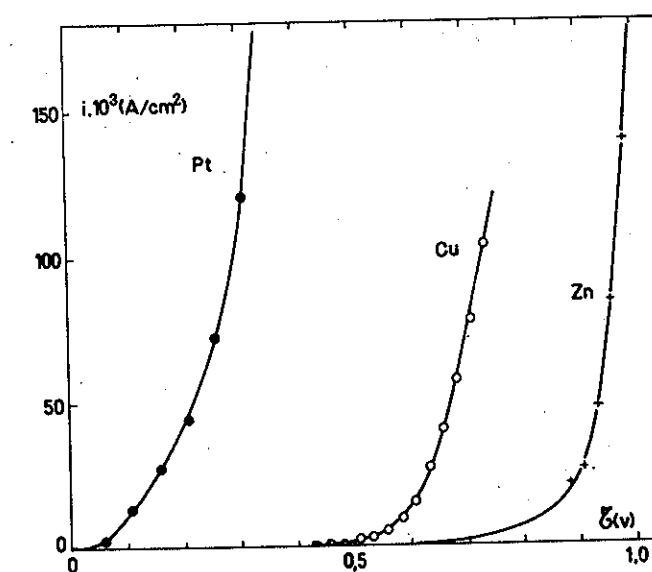


Figura 2 - i vs. η para la evolución de hidrógeno sobre Pt, Cu y Zn.

Como puede verse, para un sobrepotencial dado, la densidad de corriente sobre Pt es mayor que sobre Cu y Zn. Consecuentemente el Pt es mejor

electrocatalizador para esta reacción que el Cu y éste a su vez que el Zn.

Con el fin de determinar los parámetros cinéticos, en la Figura 3 se da la correspondiente representación semilogarítmica para Cu y Zn. Dentro del margen de error experimental, pueden observarse dos rectas paralelas que nos indican que el coeficiente de transferencia de carga es idéntico sobre ambos metales. Los correspondientes valores de β e i_0 , obtenidos por regresión lineal, se indican en la Figura. Los mismos son comparables con los valores informados en la literatura [3] - [4].

La representación semilogarítmica para Pt se ha omitido. Al ser éste un excelente electrocatalizador para esta reacción, su cinética es fuertemente influenciada por impurezas; lo que dificulta, en las condiciones del presente trabajo práctico, la determinación de parámetros confiables.

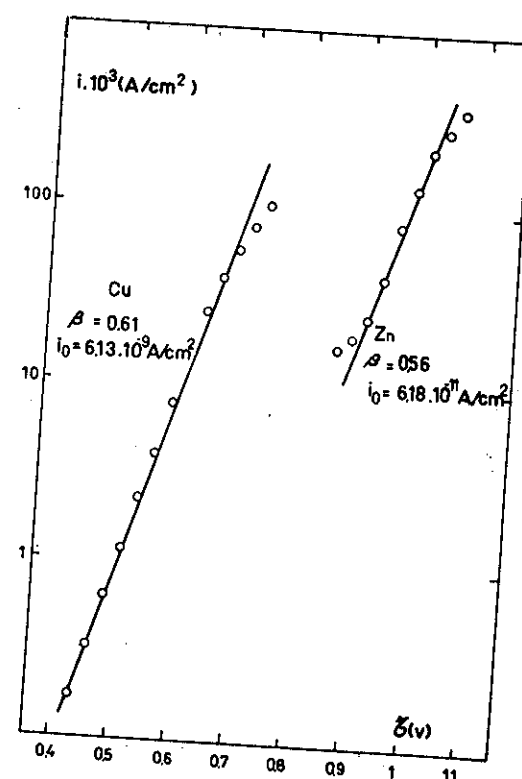


Figura 3 - Representación semilogarítmica de i vs. η para la evolución de hidrógeno sobre Cu y Zn.

4.2 Influencia de la Transferencia de Masa

Se toma como reacción test la oxidación-reducción de la cupla redox $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ sobre Pt. Se emplean soluciones 0,1 M de FeSO_4 y $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

trabajándose con y sin agitación con el fin de observar la influencia del transporte de masa sobre la velocidad de reacción.

En la Figura 4, se representan las curvas de densidad de corriente en función del sobrepotencial aplicado. Se observa que al trabajar sin agitación la reacción está controlada por transferencia de masa, obteniéndose densidades de corriente límites de $4,1 \cdot 10^{-3}$ y $3,8 \cdot 10^{-3} \text{ A/cm}^2$ para las etapas anódica y catódica respectivamente. Al agitar la solución, se evidencia un incremento notable en la velocidad de reacción.

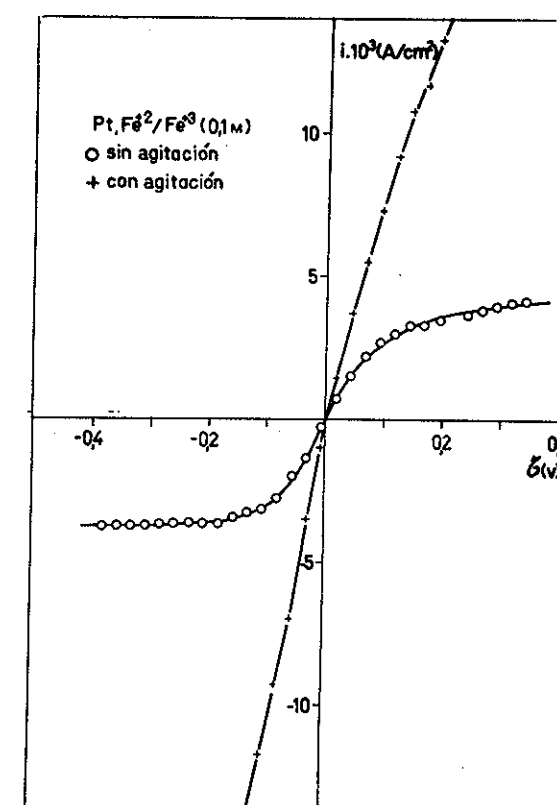


Figura 4 - i vs. η para la oxidación-reducción de la cupla $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$.

4.3 Electrodeposición de Zn

Se estudia la deposición de Zn desde soluciones de ZnSO_4 acidificadas. Este sistema ha sido seleccionado por representar un importante proceso industrial y además constituye un ejemplo adecuado para analizar en forma conjunta los factores termodinámicos y de cinética electroquímica.

En la Figura 5 se representan las densidades de corriente para la evolución de hidrógeno sobre Zn desde una solución 1 N de H_2SO_4 y para la deposición de Zn a partir de soluciones 1 M de $ZnSO_4$ y 1 N en H_2SO_4 . Esta última curva es obtenida restando a la densidad de corriente total medida la fracción correspondiente al hidrógeno. Los potenciales se refieren al electrodo de calomel saturado en KCl.

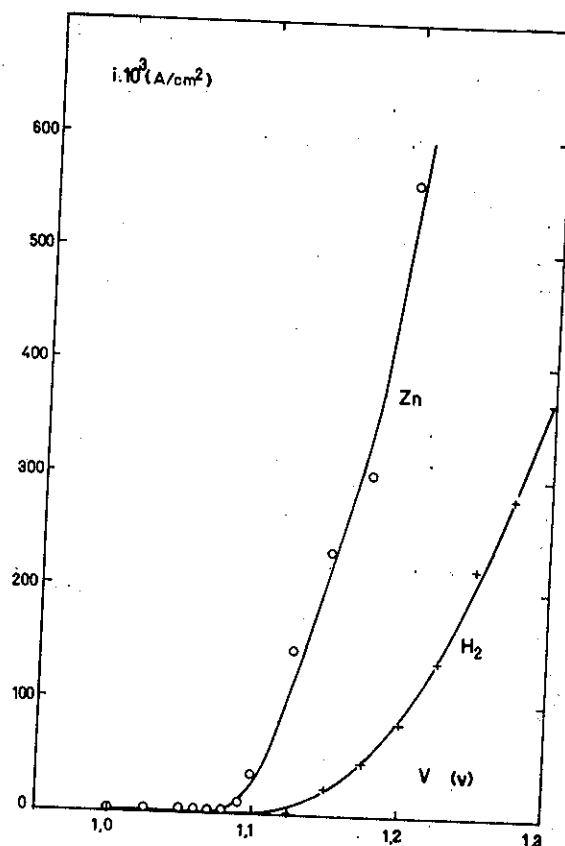


Figura 5 - i vs. V para la evolución de hidrógeno y deposición de Zn.

Puede observarse que aún siendo la reacción de hidrógeno más noble que la deposición de Zn, experimentalmente se encuentra que sobre Zn la cinética de la primera es suficientemente lenta como para permitir la electroextracción del metal.

En la Figura 6, se grafica la relación entre las densidades de corriente del Zn y total en función del potencial del ET medido respecto al de calomel saturado en KCl. Si todo el zinc depositado permaneciera adherido al electrodo, el parámetro $i_{Zn}/i_T \cdot 100$ correspondería al rendimiento

de corriente para el metal. Se concluye que existe un amplio rango de potenciales, y por consiguiente de densidades de corriente, en el cual este parámetro es elevado.

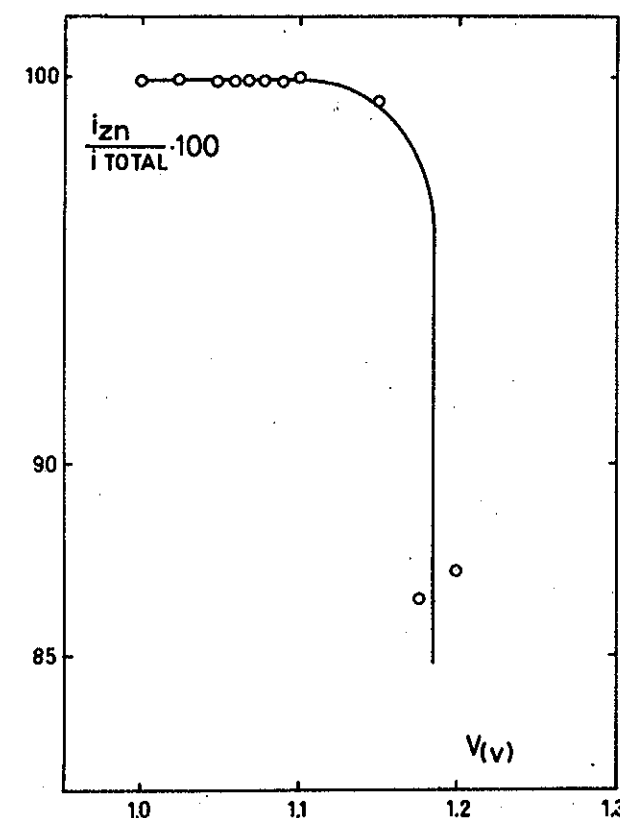


Figura 6 - Relación porcentual entre las densidades de corriente de Zn y total en función del potencial aplicado.

Con el fin de analizar las características de los depósitos de Zn se efectúan experiencias con la celda paralelepípeda ya descrita. Se aplica una diferencia de potencial constante y se mide la corriente en función del tiempo. En la Figura 7 se informan los resultados obtenidos.

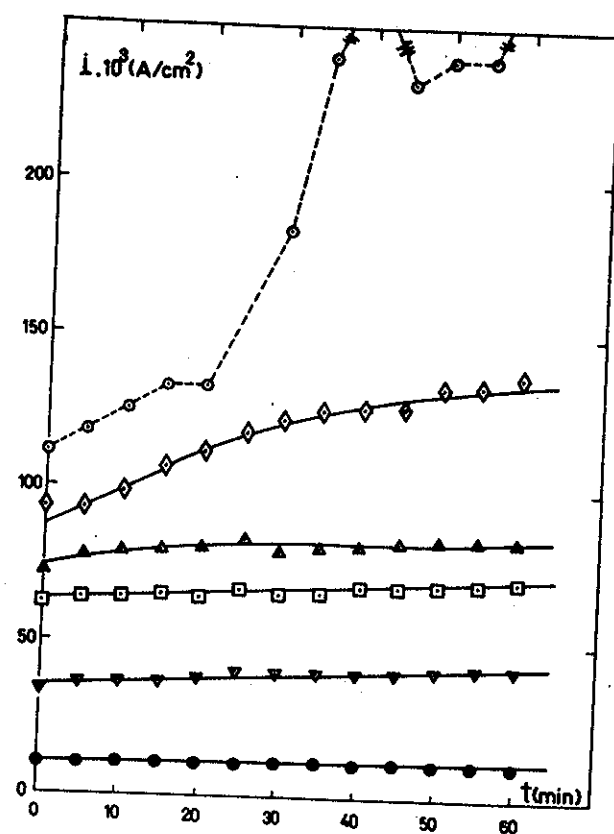


Figura 7 - Densidad de corriente para la deposición de Zn en función del tiempo.

El incremento de la corriente con el tiempo es debido a que el metal se deposita en forma rugosa aumentando de ese modo el área del electrodo. Cuanto mayor es la densidad de corriente inicial, mayor es su variación con el tiempo, pudiéndose alcanzar, a altas $i(0)$, un comportamiento errático (curva superior). Este fenómeno puede evidenciarse mejor analizando la Figura 8, donde se grafica la pendiente de las curvas anteriores, a tiempos bajos, en función de la densidad de corriente inicial. Existen en esta Figura dos zonas bien diferenciadas: la a con pequeña variación y la c donde ocurre lo contrario. La intersección de ambas retas, zona b, proporciona un valor de densidad de corriente inicial de aproximadamente $0,07 \text{ A/cm}^2$.

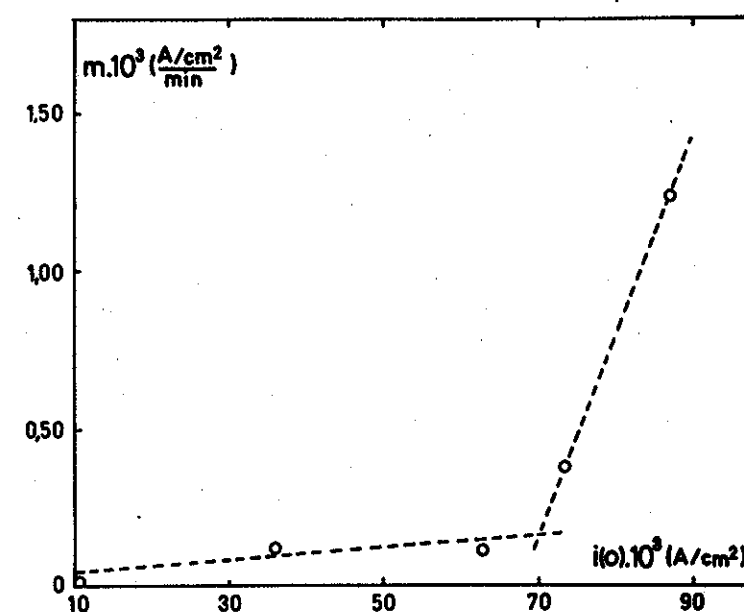
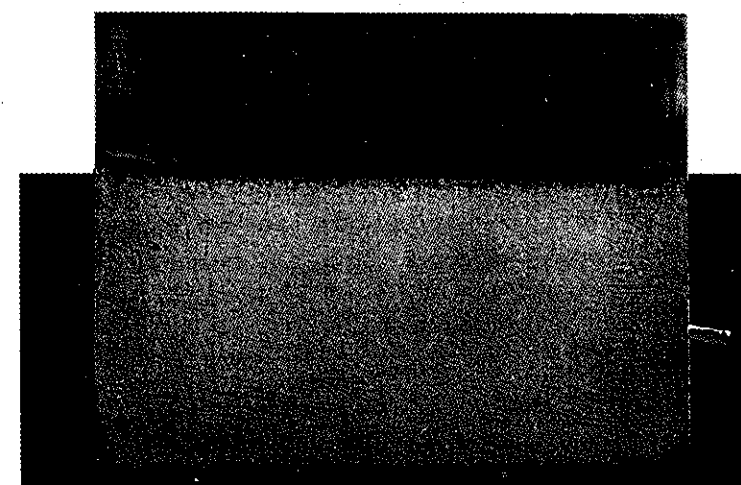


Figura 8 - Pendiente de las curvas i vs. t en función de densidad de corriente inicial.

En la Figura 9, se informan las fotografías de algunos depósitos obtenidos a baja, media y alta densidad de corriente. Estos corresponden a las zonas a, b y c de la Figura 8. Se advierte en 9 a. que el recubrimiento es uniforme, mientras que en 9 b. aparecen puntos con defectos y en 9 c., principalmente en los bordes laterales e inferior, se ha formado un depósito con nódulos y dendritas. Estas, con el transcurso del tiempo, pueden desprenderse del electrodo disminuyendo el rendimiento de corriente y explicando la conducta errática ya mencionada (véase curva superior de la Figura 7).



a) $i(0) = 0.034 \text{ A/cm}^2$

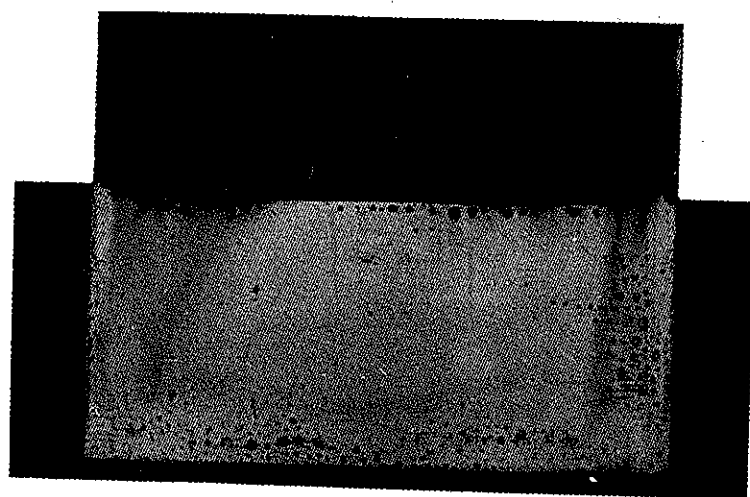
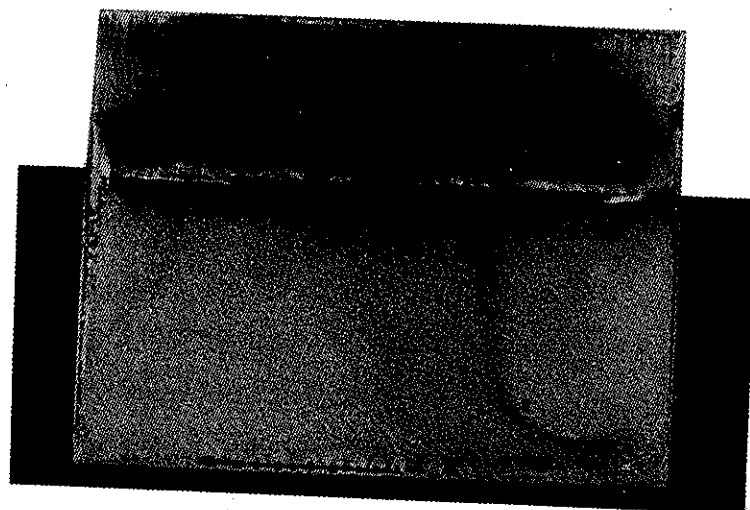
b) $i(0) = 0,075 \text{ A/cm}^2$ c) $i(0) = 0.111 \text{ A/cm}^2$

Figura 9 - Fotografías de los depósitos de Zn con distinta densidad de corriente inicial.

Para la zona a, el rendimiento de corriente, determinado experimentalmente, está comprendido entre el 85-90%, mientras que se reduce aproximadamente al 45% cuando las condiciones de operación son análogas a las de fotografía 9 c.

El rango de i adecuado para la operación industrial debe determinarse en base a los requerimientos impuestos al depósito a obtener. Así, para el galvanizado de artículos de hierro, donde se requiere un recubrimiento protector uniforme, se debe trabajar a bajas densidades de corriente. En cambio, para la electroextracción del metal se puede incrementar i y con el fin de lograr un alto rendimiento se debe evitar la formación de dendritas. No obstante, éstas pueden ser de interés para la producción de polvo metálico [5].

Es preciso destacar que en este estudio de deposición de Zn sólo se trabaja con soluciones de laboratorio no analizándose la influencia de las impurezas y aditivos que normalmente se encuentran en la práctica industrial.

5 CONCLUSIONES

La realización de un trabajo práctico de este tipo permite al alumno:

- individualizar distintos tipos de control en reacciones electroquímicas.
- determinar los parámetros cinéticos respectivos característicos.
- aunar los conceptos de Termodinámica y Cinética Electroquímica.
- observar las características de los depósitos metálicos, en este caso zinc, al variar las condiciones de operación.

Además debe destacarse que el equipo con que se realizaron estas experiencias fue integralmente construido en nuestra Facultad.

NOMENCLATURA

- i : densidad de corriente
- $i(0)$: densidad de corriente inicial para la deposición de zinc
- $i_{L,0}$: densidad de corriente límite de la especie oxidada
- $i_{L,R}$: densidad de corriente límite de la especie reducida
- i_o : densidad de corriente de intercambio
- m : pendiente, a tiempos bajos, de las curvas i vs. t para la deposición de zinc
- n : número de electrones intercambiados
- $\frac{RT}{F}$: constante (0,0257 V. a 25°C)
- t : tiempo
- V : potencial aplicado respecto a calomel saturado en KCl
- α : coeficiente de transferencia de carga de la reacción anódica
- β : coeficiente de transferencia de carga de la reacción catódica
- η : sobrepotencial

BIBLIOGRAFIA

- [1] POSADAS, D. Introducción a la Electroquímica, Monografía Nº 22, Serie de Química, Organización de los Estados Americanos, Washington DC, 1980.
- [2] FORKER, W. Cinética Electroquímica, EUDEBA, Buenos Aires, 1971.
- [3] VETTER, K. Electrochemical Kinetics. Theoretical and Experimental Aspects, Academic Press, New York, 1967.
- [4] TILAK, B.V. LU, P.W.T., COLMAN, J.E. y SRINIVASAN, S. Comprehensive Treatise of Electrochemistry, Cap.1, Vol.2, Editado por Bockris, J.O'M. y col., Plenum Press, New York, 1981.
- [5] WALKER, R. and SANDFORD, A.R.B. Chem. Ind. (London), 6 October (1979), 642-47.

ISSN-0101-5001
Rev. Ensino Eng., São Paulo
5(1): 61-66, 1º sem. de 1986

MODELOS DIDÁTICOS PARA O ESTUDO DE REDES DE PERCOLAÇÃO EM SOLOS

Bernardo Luiz Costas Fumião *

FUMIÃO, Bernardo L. Costas. Modelos didáticos para o estudo de redes de Percolação em Solos. Rev. Ensino Eng., São Paulo, 5(1): 61-66, 1º sem. 1986.

Modelos didáticos de fluxo d'água em solos foram desenvolvidos para utilização na disciplina Mecânica dos Solos. São utilizadas caixas metálicas com uma das faces laterais em vidro, para a visualização de fluxo obtidas pela injeção de corante. Foram simulados modelos tanto de fluxo confinado como de fluxo não-confinado. Piezômetros de tubo permitem a leitura das cargas piezométricas e do correspondente potencial hidráulico, com o conseqüente mapeamento das linhas equipotenciais, cálculo do empuxo de subpressão e dos gradientes hidráulicos. A leitura da vazão percolada pode ser comparada com a calculada teoricamente. Dentre os vários modelos de simulação desenvolvidos, podemos citar: cortina impermeável, barragem de terra de seção homogênea e filtro horizontal, barragem de concreto, poço de rebaixamento e "areia movediça". A utilização dos modelos em aulas de laboratório possibilitou nitidamente uma melhor absorção pelos alunos dos conceitos fundamentais do fluxo d'água em solos.

Modelos didáticos. Redes de fluxo. Mecânica dos Solos. Percolação.

FUMIÃO, Bernardo L. Costas. Didactic flow models for Seepage Analysis in Soils. Rev. Ensino Eng., São Paulo, 5(1): 61-66, 1º sem. 1986.

Didactic flow models were developed for utilization in Soil Mechanics. Metallic boxes with one-side glass wall were used for visualization of flow lines, by use for colored liquid. Several models were tested, either of confined or unconfined flow. Piezometer tubes made possible the determination of piezometric head, and in consequence total head, with mapping of equipotential lines, calculus of uplift pressure diagram and hydraulic gradients. The following cases were reproduced: impervious wall, homogeneous earth-dam with horizontal filter, concrete dam, deep well for groundwater lowering, and "quick sand". This practice in laboratory classes made possible detailed explanation of seepage mechanisms in soils.

Didactic models. Flow nets. Soil Mechanics. Seepage.

* Professor de Engenharia Civil na Escola de Engenharia de Lins, SP.

1 INTRODUÇÃO

A análise do fluxo d'água em solos é necessária em um grande número de obras de Engenharia Civil, tais como barragens, rebaixamento de lençol, drenagem e ensaios "in-situ". O estudo da mecânica do fluxo d'água, em cursos de graduação, geralmente é feito através da apresentação ou do desenvolvimento de redes de fluxo, pelo chamado "processo gráfico". Na disciplina Mecânica dos Solos da Escola de Engenharia de Lins, desenvolve-se experimentação em modelos, em aulas de laboratório, para a obtenção das redes de fluxo e o estudo dos parâmetros de permeabilidade e percolação correspondentes.

Estes modelos simulam casos simplificados, reproduzindo situações didaticamente interessantes. É destinada uma aula de laboratório para o estudo de um modelo de fluxo, com leituras de pressões d'água e da vazão percolada, e com a definição de linhas de fluxo por injeção de um corante na face de entrada do modelo. Nas demais aulas de laboratório, ao longo do ano, são realizados os ensaios normais de solos, mas os modelos são substituídos periodicamente, de tal forma que o aluno terá contato com diferentes situações de fluxo d'água bidimensional.

2 METODOLOGIA

As diversas situações de fluxo são simuladas utilizando-se caixas metálicas, com um dos lados em vidro. O solo é representado por areia limpa, sendo possível, pela utilização de diferentes granulometrias, a simulação de camadas de solos diferentes. Para maior homogeneidade, a areia é depositada por sedimentação, mantendo-se uma lâmina d'água de 10 cm durante este processo.

Foram construídas duas caixas metálicas. A primeira, de dimensões 30 x 30 x 30 cm, com um dos lados em vidro, é utilizada para o modelo de "areia movediça". A segunda, de dimensões 160 x 65 x 20 cm, com um dos lados maiores em vidro, é utilizada para as simulações tanto de fluxo plano confinado como de fluxo plano não-confinado, podendo reproduzir um grande número de casos, alguns dos quais são citados neste trabalho. Saídas laterais permitem alterar a carga hidráulica aplicada de montante a jusante. Saídas inferiores possibilitam tanto o esgotamento

total do modelo como a entrada da água, para que a saturação se faça de baixo para cima, permitindo uma melhor expulsão do ar contido na areia. Piezômetros instalados na face maior oposta ao lado de vidro permitem as leituras das pressões neutras no maciço. A utilização de um corante à base de azul de metileno possibilita a definição de algumas linhas de fluxo, visualizando-se então o caminhamento da água e a forma da rede de fluxo estudada.

3 OBJETIVOS

Pretende-se com os modelos permitir ao aluno uma visualização da mecânica do fluxo d'água e dos fenômenos inerentes, em diferentes situações, confrontando os resultados com aqueles definidos através de exercícios.

A nível de graduação, o estudo do fluxo d'água é geralmente feito com o traçado de redes de fluxo pelo método gráfico, que é um processo de erros e acertos. Neste, é pesquisada uma solução gráfica, na qual as linhas de fluxo são perpendiculares às linhas equipotenciais, para solos homogêneos e isotrópicos em relação à permeabilidade. Nos modelos, é possível, pela injeção de um corante, acompanhar a evolução de determinadas linhas de fluxo e a partir daí inferir a rede de fluxo correspondente. A medida da vazão percolada permite determinar o coeficiente médio de permeabilidade da areia utilizada, e verificar a consistência deste valor com dados de ensaios em permeâmetro a carga constante. Em alguns casos, pode-se criar condições para a ocorrência do fenômeno da liquefação da areia, também conhecido como "areia movediça".

A visualização das leituras dos piezômetros e a comparação simultânea entre estas leituras traz uma grande facilidade na explicação do conceito do potencial hidráulico ou carga total em um ponto. Nos modelos de fluxo confinado, a linha de piezômetros instalada próxima à base impermeável fornecerá o valor das subpressões atuantes na mesma.

4 OS MODELOS

4.1 Modelo para a demonstração do fenômeno da liquefação das areias ("areia movediça")

A aplicação de um gradiente hidráulico superior ao gradiente crítico para o estudo de compactação de areia colocada no interior da caixa faz

com que a mesma entre em liquefação e a sobrecarga, representada pela "casinha", afunde na areia (Foto 1, em segundo plano, à esquerda).

Para gradientes aplicados menores do que o gradiente crítico é possível utilizar este equipamento para a simulação de maciços estratificados e a determinação dos coeficientes de permeabilidade equivalente horizontal e vertical.

4.2 Modelos de fluxo confinado

É utilizada a caixa metálica de 160 x 65 x 20 cm, com piezômetros instalados. A leitura nos piezômetros é feita por uma régua de madeira acoplada ao sistema (Foto 1, em primeiro plano).

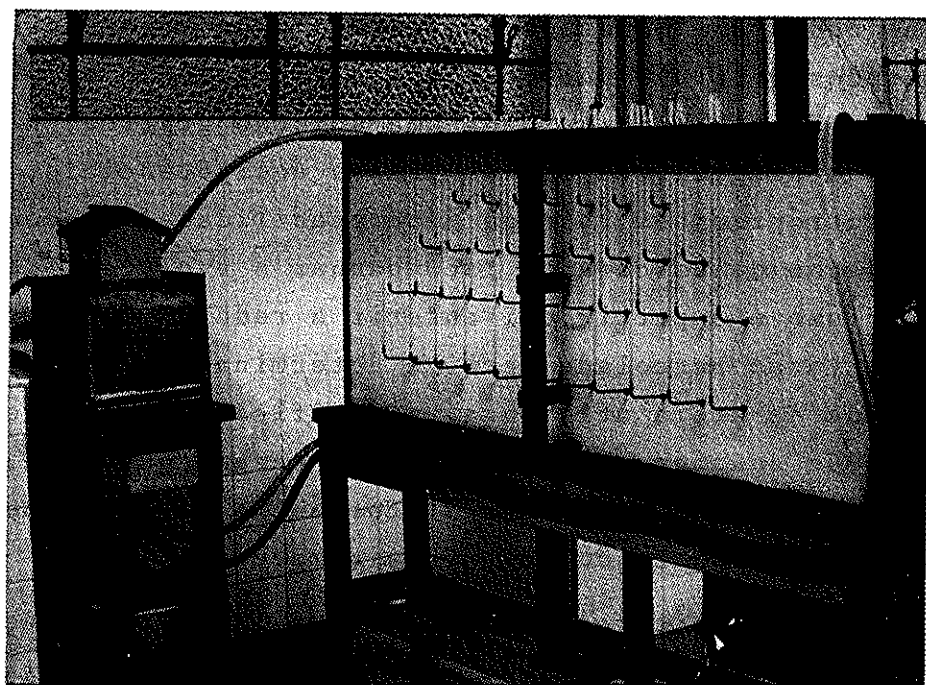


Foto 1 - Caixa metálica com piezômetros. Em segundo plano, à esquerda, modelo de "areia movediça".

A análise simultânea das leituras dos piezômetros permite uma análise mais clara, ao aluno, da distribuição dos potenciais hidráulicos.

Vários modelos podem ser montados, dentre eles: barragem de concreto, barragem de concreto com cortinas impermeáveis, e barragem-ensecadeira de estacas-prancha.

Todos esses casos são situações clássicas utilizadas nos cursos de graduação, para exemplos de redes de fluxo. A utilização dos modelos traz uma ajuda inestimável no estudo dos fenômenos da percolação, quando após o estudo teórico e a análise e cálculo do problema em aula de exercícios, a mesma situação de fluxo é apresentada em aula de laboratório, através de um modelo hidráulico que reproduza condições geométricas e de contorno semelhantes.

4.3 Modelos de fluxo não-confinado

É utilizada a mesma caixa metálica, com piezômetros instalados. O número de casos de fluxo não-confinado em barragens possíveis de serem montados também é bastante grande, podendo-se citar: barragem de terra de seção homogênea e filtro horizontal, barragem de terra de seção homogênea e filtro vertical, barragem de terra com trincheira drenante na fundação, barragem de terra com "cut-off", rede de fluxo de rebaixamento rápido em barragens de terra, barragem de terra de seção zonada.

A simulação de poços de rebaixamento está mostrada na Foto 2. O "poço" é representado pela cavidade central, onde o nível d'água é mantido constante por sifonamento. Define-se claramente a linha freática e a condição de saída representada por uma tangente à superfície drenante.

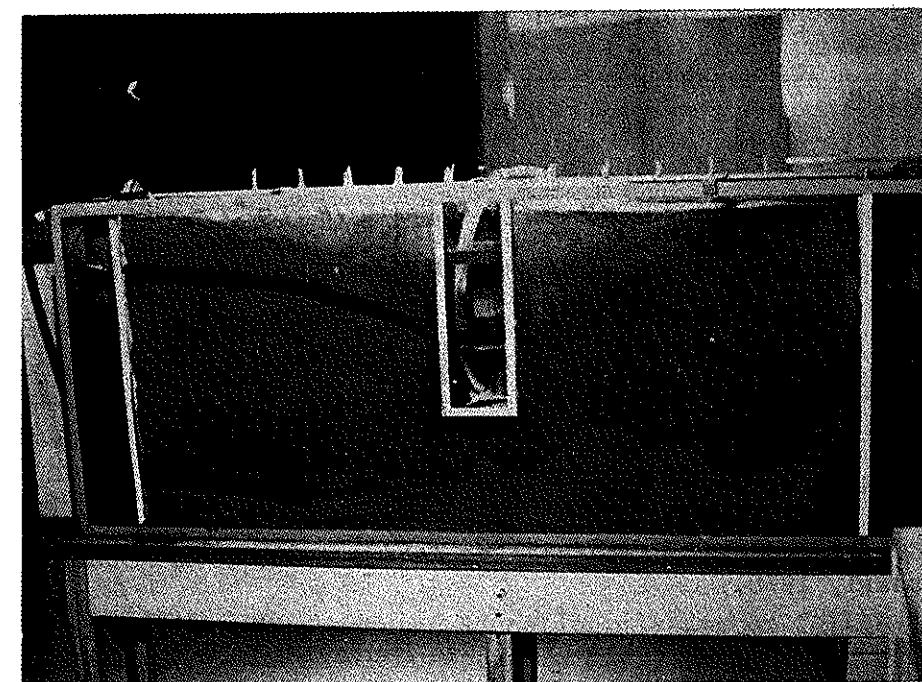


Foto 2 - Modelo de poço de rebaixamento.

Este modelo de rebaixamento pode ser utilizado para reproduzir o "ensaio de infiltração", com a determinação do "basic time lag", medindo-se ao longo do tempo a recuperação do nível d'água no interior do poço, até se alcançar a posição de equilíbrio.

5 CONCLUSÕES

A utilização dos modelos didáticos de fluxo hidráulico em solos se constitui numa ferramenta poderosa para auxílio do professor no desenvolvimento teórico e prático dos temas permeabilidade e percolação em solos. Embora difícil de ser quantificado, observou-se um interesse maior dos alunos em relação ao assunto, bem como uma conseqüente maior absorção, refletida em provas e exercícios realizados, comparativamente aos anos anteriores.

Os modelos foram apresentados após as explanações teóricas e a realização de exercícios, com excessão do modelo de "areia movediça", que foi ensaiado anteriormente ao equacionamento teórico deste fenômeno, num processo inverso em que se apresenta o problema, para despertar a curiosidade e interessar o aluno a equacioná-lo teoricamente.

Acreditamos que a utilização de modelos apresenta vantagens didáticas importantes na definição de conceitos teóricos e para a visualização de problemas geotécnicos, mas o seu uso deve ser criterioso e intercalado com casos que representem situações reais, além de visitas a obras.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Escola de Engenharia de Lins pelo apoio financeiro na construção dos modelos, ao Engº Luiz Carlos Lima, ao técnico de laboratório Marcos Roberto Gomes e à estagiária aluna Marian Nozeli Djanikian pela ajuda inestimável na montagem dos mesmos.

BIBLIOGRAFIA

- LAMBE, T.W. WHITMANN, R.V. *Soil Mechanics*. New York, Wiley International Edition, 1969.
- TSCHEBOTARIOFF, G.P. *Fundações, Estruturas de Arrimo e Obras de Terra*. São Paulo, McGraw Hill do Brasil, 1978.
- VARGAS, M. *Introdução à Mecânica dos Solos*. São Paulo, McGraw Hill do Brasil, 1977.

ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA: CONDUCTORA O CONDUCTIDA POR LA EVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA?⁽¹⁾

Oscar A. Andres *

*Veán, pues los ingenieros
como para ser ingeniero no
basta con ser ingeniero.
(José Ortega y Gasset).*

ANDRES, Oscar A. Enseñanza de la Ingeniería: conductora o conducida por la evolución de la técnica?. *Rev.Ensino Eng.*, São Paulo, 5(1):67-75, 1º sem.1986.

En nuestros días, la sociedad en todos sus aspectos - cultura, política, educación, trabajo, etc. - acusa el fuerte impacto impreso por la evolución de la Técnica. Analizando este fenómeno surge de inmediato el interrogante: la Enseñanza de la Ingeniería sigue los dictados que marca la evolución técnica o por el contrario participa activamente en la conducción de esa evolución? Se revisan los sucesivos estadios en la evolución de la Técnica hasta llegar a la situación caracterizada por el "Sistema Técnico". Se puntualizan sus rasgos más notorios: crecimiento permanente, complejidad, especialización y automatismo. Se estudia el comportamiento del Sistema Técnico con el mundo externo y en particular sus relaciones con la Sociedad y con la Educación. Se concluye la necesidad de humanizar el Sistema Técnico y la importante función que le compete aquí a la Enseñanza de la Ingeniería en su conducción de fuente generadora de recursos humanos y de conocimientos que nutren al Sistema Técnico.

Sistema Técnico. Sociedad. Educación Humanística.

- (1) Traducción del artículo "Engineering Education: leader or follower in the evolution of technique?", publicado en el *European Journal of Engineering Education*, 9(1984).
- * Departamento de Ingeniería - Universidad Nacional del Sur - Bahía Blanca, Argentina.

ANDRES, Oscar A. Engineering Education: leader or follower in the evolution of technique?. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 5(1): 67-75, 1nd.sem. 1986.

Present day society is experiencing the strong impact of technical evolution on all its fields: Culture, Politics, Education, Labor, etc. - The analysis of this poses this question: does Engineering Education follow the guidelines given by technical evolution or, on the contrary, does it actively participate leading this evolution? This paper reviews the successive stages of technical evolution up to the present situation featured by the "Technical System". Its more relevant features are pointed out: continuous growth, complexity, specialization and automation. The behaviour of the Technical System is studied both in its relation with the external world and particularly with society and education. Conclusions are drawn on the necessity of humanizing the Technical System and on the importance of Engineering Education in its condition of generator of human resources and knowledge that make the feedstock of Technical System.

Technical System. Society. Humanistic Education.

1 INTRODUCCION

La vida del hombre y de la sociedad misma, presenta en los tiempos actuales un grado de dependencia de la Técnica, muy superior al registrado en cualquier otra época de la historia de la Humanidad. No sólo el bienestar material del hombre está ligado al nivel de desarrollo técnico, sino también lo están la mayoría de las manifestaciones culturales de la sociedad; las estructuras políticas y económicas, el derecho, las artes y hasta la moral y la religión acusan en mayor o menor grado la influencia de la Técnica.

Entre la numerosa legión de técnicos que contribuyen con su esfuerzo a la investigación y desarrollo de los conocimientos técnicos (Tecnología) y muy especialmente entre quienes se encargan de la aplicación de la Tecnología al campo de la producción, es indudable que los ingenieros ocupan hoy un lugar de primerísima importancia. Este hecho no es nuevo y por tanto no puede sorprendernos: los conocimientos técnicos, el "saber hacer", son componentes esenciales inherentes a la naturaleza del ingeniero; están ligados a los orígenes de su profesión y pertenecen a su tradición. Lo que sí puede sorprendernos es la notable influencia que la ingeniería ejerce en la sociedad actual; esta situación es el resultado de una larga, creciente y continuada evolución; precisamente por

esta última particularidad - la continuidad - esa evolución puede quedar oculta, o por lo menos no percibida en su verdadera magnitud, por los mismos protagonistas del fenómeno.

Cabe entonces que nos preguntemos si somos los ingenieros en la actualidad plenamente conscientes de la responsabilidad social emergente de esa situación. O mejor aún, calando más hondo en el problema, los profesores que actuamos en la Enseñanza de la Ingeniería, podemos plantearnos estas cuestiones: los ingenieros que formamos están preparados para asumir cabalmente su responsabilidad y misión social?. Son ellos simplemente un producto más que ingresa al mercado de consumo para someterse a las aspiraciones y apetencias de la sociedad, o por el contrario hemos formado no solo para ser constructores del desarrollo tecnológico, sino también para ser conductores de ese desarrollo siendo conscientes de la transcendencia de su tarea en la evolución de la sociedad. En otras palabras: sigue la Enseñanza de la Ingeniería los dictados que le marca la evolución técnica, o bien participa activamente en la conducción de esa evolución?.

Para responder a estos interrogantes será conveniente revisar previamente la evolución que ha seguido la Técnica - en especial, la Ingeniería - y formular algunas reflexiones sobre las tendencias actuales.

2 EVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA

El filósofo español J. Ortega y Gasset, en su ensayo "Meditación de la Técnica", escrito en 1933 diferenciaba tres estadios en la evolución de la Técnica que sintetizamos así:

- a) La Técnica del azar, es decir la Técnica desarrollada por cualquier hombre sin ser técnico; corresponde a la época del hombre primitivo.
- b) La Técnica del artesano, es decir, la Técnica del hombre que es a la vez inventor y ejecutor de la idea en forma personal, o casi personal.
- c) La Técnica del técnico, es decir la Técnica del hombre que suma a su inventiva los principios de la Ciencia.

Es en este tercer estadio donde se ubica el origen de la Ingeniería, y es aquí precisamente donde la Técnica e sus resultados comienzan a ocupar un lugar cada vez más importante en la vida humana.

La Técnica primitiva había nacido como respuesta del hombre frente a sus propias necesidades y a las dificultades impuestas por la naturaleza; con el correr de los siglos esas respuestas se multiplican y perfeccionan a punto tal de constituir una segunda naturaleza, el nuevo habitat del hombre; la "Técnica del técnico" no responde a las dificultades de la naturaleza primaria, sino principalmente a las dificultades que nacen de esta segunda naturaleza, es decir, de la misma técnica. La vida del hombre se separa cada vez más de su habitat original y aumenta su subordinación a la segunda naturaleza llegando a depender de ella como el hombre auroral dependió de los recursos que podía encontrar en la pradera, la selva o la montaña.

Cinco décadas han transcurrido desde que Ortega y Gasset escribiera su bien conocido ensayo; en ese lapso, las múltiples y fantásticas aportaciones de la Técnica han profundizado las transformaciones sociales que ya se insinuaban a comienzos del siglo.

Las innovaciones técnicas han sido tan numerosas e importantes y, a la vez, tan trascendentes sobre los rumbos de la evolución social que bien puede hablarse hoy de un nuevo estadio de la evolución de la Técnica. Podríamos llamar a este cuarto estadio, la "Técnica del Sistema Técnico"; ya no es el individuo (hombre, artesano, técnico) el creador ni el ejecutor de la Técnica, sino un sistema.

Para mejor comprender la situación actual y las tendencias de su evolución, debemos detenernos brevemente y reconocer los rasgos principales que caracterizan al "Sistema Técnico", tanto en su constitución como en su comportamiento.

El "Sistema Técnico" puede concebirse constituido por el conjunto de elementos (personas, instituciones, asociaciones, equipos, instrumentos, etc.) que intervienen en la producción técnica, incluyéndose en ésta, claro está, tanto los conocimientos como los procedimientos y productos materiales.

En cuanto al comportamiento del sistema, señalaremos en primer lugar su dinamismo como uno de sus rasgos más característicos; su manifestación más clara es la tendencia al crecimiento permanente. El sistema en su ámbito interno es perfecto, pero en la zona de frontera con el mundo externo (la naturaleza, la sociedad) es donde emergen los problemas;

paradójicamente esta situación contribuye al crecimiento y perfeccionamiento del sistema; en efecto, el sistema técnico es capaz de solucionar esos problemas que requieren nuevas soluciones; este proceso iterativo explica el crecimiento exponencial del sistema. (Podrá argumentarse que esta tendencia al crecimiento es inherente a la Técnica misma, más que a este cuarto estadio; sin embargo, habrá que admitir también que esta tendencia al crecimiento adquiere ahora proporciones tan colosales que identifican un cambio en la calidad antes bien que en la cantidad del rasgo señalado).

La tendencia al crecimiento del sistema genera una segunda característica: la complejidad, y ésta a su vez una tercera: la especialización.

La complejidad del sistema viene dada por la cantidad y diversidad de los elementos que lo integran y por la multiplicidad de las vinculaciones que ligán los elementos entre sí y sin las cuales el funcionamiento perdería eficiencia.

La especialización nace, ya lo dijimos, de la complejidad del sistema: sólo un experto puede penetrar profundamente el ámbito de su especialidad que se tornará más reducido a medida que aumenta su crecimiento. El sistema funcionará bien siempre que el especialista domine a fondo la especialidad y sepa establecer las necesarias vinculaciones con otros elementos del sistema; ningún otro conocimiento ni relación se le exigirá fuera del sistema mismo; la especialización conduce así a la fragmentación de la persona: el técnico por un lado, el hombre por el otro.

Para completar esta caracterización del sistema técnico señalaremos un cuarto rasgo que adquiere, particularmente en el campo de Ingeniería, singular relevancia: el automatismo.

En el tercer estadio (la Técnica del técnico) existía ya el automatismo, pero se limitaba a la mecánica, mecanización o "maquinismo" como se llamaba entonces. En nuestros días se suma la electrónica a la mecánica, lográndose así el automatismo de computadoras y robots, tan fascinante como sorprendente por la perfección de los resultados. Si el maquinismo multiplicó la capacidad física del hombre, este nuevo automatismo potencia sus facultades intelectuales: su memoria y su capacidad de análisis adquieren ahora dimensiones insospechadas. Su órbita de influencia ya no se limita pues al trabajo manual, como sucedió con el

La Técnica primitiva había nacido como respuesta del hombre frente a sus propias necesidades y a las dificultades impuestas por la naturaleza; con el correr de los siglos esas respuestas se multiplican y perfeccionan a punto tal de constituir una segunda naturaleza, el nuevo habitat del hombre; la "Técnica del técnico" no responde a las dificultades de la naturaleza primaria, sino principalmente a las dificultades que nacen de esta segunda naturaleza, es decir, de la misma técnica. La vida del hombre se separa cada vez más de su habitat original y aumenta su subordinación a la segunda naturaleza llegando a depender de ella como el hombre auroral dependió de los recursos que podía encontrar en la pradera, la selva o la montaña.

Cinco décadas han transcurrido desde que Ortega y Gasset escribiera su bien conocido ensayo; en ese lapso, las múltiples y fantásticas aportaciones de la Técnica han profundizado las transformaciones sociales que ya se insinuaban a comienzos del siglo.

Las innovaciones técnicas han sido tan numerosas e importantes y, a la vez, tan trascendentes sobre los rumbos de la evolución social que bien puede hablarse hoy de un nuevo estadio de la evolución de la Técnica. Podríamos llamar a este cuarto estadio, la "Técnica del Sistema Técnico"; ya no es el individuo (hombre, artesano, técnico) el creador ni el ejecutor de la Técnica, sino un sistema.

Para mejor comprender la situación actual y las tendencias de su evolución, debemos detenernos brevemente y reconocer los rasgos principales que caracterizan al "Sistema Técnico", tanto en su constitución como en su comportamiento.

El "Sistema Técnico" puede concebirse constituido por el conjunto de elementos (personas, instituciones, asociaciones, equipos, instrumentos, etc.) que intervienen en la producción técnica, incluyéndose en ésta, claro está, tanto los conocimientos como los procedimientos y productos materiales.

En cuanto al comportamiento del sistema, señalaremos en primer lugar su dinamismo como uno de sus rasgos más característicos; su manifestación más clara es la tendencia al crecimiento permanente. El sistema en su ámbito interno es perfecto, pero en la zona de frontera con el mundo externo (la naturaleza, la sociedad) es donde emergen los problemas;

paradójicamente esta situación contribuye al crecimiento y perfeccionamiento del sistema; en efecto, el sistema técnico es capaz de solucionar esos problemas que requieren nuevas soluciones; este proceso iterativo explica el crecimiento exponencial del sistema. (Podrá argumentarse que esta tendencia al crecimiento es inherente a la Técnica misma, más que a este cuarto estadio; sin embargo, habrá que admitir también que esta tendencia al crecimiento adquiere ahora proporciones tan colosales que identifican un cambio en la calidad antes bien que en la cantidad del rasgo señalado).

La tendencia al crecimiento del sistema genera una segunda característica: la complejidad, y ésta a su vez una tercera: la especialización.

La complejidad del sistema viene dada por la cantidad y diversidad de los elementos que lo integran y por la multiplicidad de las vinculaciones que ligan los elementos entre sí y sin las cuales el funcionamiento perdería eficiencia.

La especialización nace, ya lo dijimos, de la complejidad del sistema: sólo un experto puede penetrar profundamente el ámbito de su especialidad que se tornará más reducido a medida que aumenta su crecimiento. El sistema funcionará bien siempre que el especialista domine a fondo la especialidad y sepa establecer las necesarias vinculaciones con otros elementos del sistema; ningún otro conocimiento ni relación se le exigirá fuera del sistema mismo; la especialización conduce así a la fragmentación de la persona: el técnico por un lado, el hombre por el otro.

Para completar esta caracterización del sistema técnico señalaremos un cuarto rasgo que adquiere, particularmente en el campo de Ingeniería, singular relevancia: el automatismo.

En el tercer estadio (la Técnica del técnico) existía ya el automatismo, pero se limitaba a la mecánica, mecanización o "maquinismo" como se llamaba entonces. En nuestros días se suma la electrónica a la mecánica, lográndose así el automatismo de computadoras y robots, tan fascinante como sorprendente por la perfección de los resultados. Si el maquinismo multiplicó la capacidad física del hombre, este nuevo automatismo potencia sus facultades intelectuales: su memoria y su capacidad de análisis adquieren ahora dimensiones insospechadas. Su órbita de influencia ya no se limita pues al trabajo manual, como sucedió con el

maquinismo, sino que se extiende también sobre la labor intelectual, automatizando ciertas etapas del pensamiento.

A poco que avancemos en nuestro análisis concluiremos que no obstante ser todos y cada uno de los rasgos señalados de significativa relevancia no serían ellos suficientes para tipificar un nuevo estadio de la evolución de la Técnica; lo que realmente confiere un sello distintivo a la Técnica de nuestros días radica mucho más en el comportamiento del Sistema Técnico frente al mundo externo, que en su comportamiento intrínseco; la gran transformación que vivimos se localiza precisamente en la relación "Técnica-mundo externo". Para llegar al fondo de la cuestión, necesitamos entonces analizar detenidamente esa relación.

3 SISTEMA TÉCNICO, SOCIEDAD Y ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

A los fines que nos interesan separaremos del mundo externo sólo dos elementos: la sociedad y la Enseñanza de la Ingeniería. Tenemos en definitiva tres elementos que podemos asimilar a los tres vértices de un triángulo: el sistema técnico (ST), la Sociedad (S) y la Enseñanza de la Ingeniería (EI) (Fig.1). Los datos de ese triángulo representan la comunicación entre los tres elementos; cada lado puede ser recorrido en ambos sentidos, pero observaremos que la comunicación no muestra la misma intensidad en los tres lados y además, en un mismo lado podrá variar según el sentido que se considere.

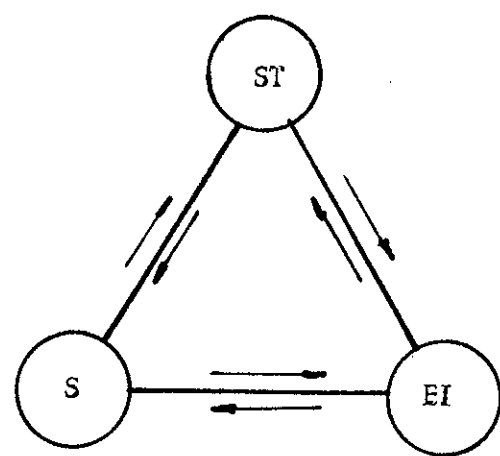


Figura 1: El Sistema Técnico (ST), la Sociedad (S) y la Enseñanza de la Ingeniería (EI): una visualización de sus relaciones.

Veamos en primer lugar el lado ST-S. Ya señalamos claramente la fuerte dependencia que tiene la sociedad del sistema técnico; esta dependencia se acentúa en aquellos sectores de la población cuya capacidad laboral está condicionada por la Técnica; los integrantes de esos sectores - que en muchos casos no son técnicos sino tan solo usuarios de la Técnica - tienden a menudo a identificarse y solidarizarse con el sistema técnico. Si bien reconocemos que la Técnica está presente en todas o casi todas las manifestaciones de la sociedad, que modula en buena medida su comportamiento y que configura marcadamente la civilización de nuestro tiempo, debemos aceptar también que no es la nuestra una sociedad totalmente tecnificada; hay otros factores además de la Técnica, que pesan en su comportamiento: la tradición, la moral, la religión, la educación, los valores y sentimientos humanos, la necesidad de preservar los recursos naturales, etc. Todo ello está indicando que la relación sistema técnico-sociedad puede ser conflictiva. Lo grave del caso es que planteado el conflicto resulta muy difícil alcanzar el entendimiento entre ambas partes: en efecto, el sistema técnico solo se interesa por los problemas de la sociedad que son susceptibles de una interpretación y solución técnica; por otra parte, la complejidad y especialización del sistema técnico impide que la sociedad penetre en su comportamiento y mucho menos que pueda llegar a controlarlo, sobretodo teniendo en cuenta la solidificación de amplios sectores de la sociedad con el sistema técnico. En síntesis: el sistema técnico puede modificar el comportamiento de la sociedad pero muy poco puede hacer ésta sobre aquél.

Veamos ahora el lado S-EI: aquí la relación no ofrece conflicto en ninguno de los dos sentidos; ambos vértices se necesitan, se comprenden y apoyan mutuamente.

En tercer lado, EI-ST, ofrece para nuestro estudio los aspectos más interesantes. Comencemos por aclarar que en este análisis concebimos a la Enseñanza de la Ingeniería como una doble fuente generadora a la vez de los recursos humanos y de los conocimientos que nutren al sistema técnico; sin embargo, no pertenece al sistema técnico por cuanto su finalidad excede al ámbito de la Técnica; en efecto, uno de los fines primarios de la Enseñanza de la Ingeniería es la formación del hombre en su totalidad: no solo como profesional, sino también como miembro de la sociedad a que pertenece; por esa razón la Enseñanza de la Ingeniería

debe englobar en sus contenidos elementos de la Técnica y también de las Humanidades.

Ahora bien, reparemos que en este triángulo, la Enseñanza de la Ingeniería, adquiere por sus finalidades y por su naturaleza constitutiva, una característica singular: es el único vértice que puede interpretar el comportamiento de los otros dos; sus componentes técnicos le abren el camino al sistema técnico mientras que sus componentes humanísticos lo aproximan a la sociedad; en nuestro triángulo, la Enseñanza de la Ingeniería, asume el papel de interlocutor válido para los otros dos vértices.

Aunque ya lo hemos señalado, conviene recalcar aquí que en esta interpretación de la realidad somos concientes que el sistema técnico no se limita a la Ingeniería; la pluraridad disciplinaria es una de las características inherentes a su complejidad; sin embargo es fácil reconocer que tanto por la importancia de la tarea que desempeñan los ingenieros como por la cantidad de los mismos, la Ingeniería ocupa una posición de preponderancia dentro del sistema técnico; se puede, entonces con fundamento, esperar que la Ingeniería tenga su trascendencia dentro del sistema técnico.

En nuestra opinión, la Enseñanza de la Ingeniería no debe limitar su acción a una respuesta a las demandas del sistema técnico, sea que le lleguen éstas directamente desde el mismo sistema o bien indirectamente a través de las capas más tecnificadas de la sociedad; no debe existir una mera adaptación al medio circundante, sino por el contrario, su posición frente al sistema técnico y las influencias de éste sobre la sociedad, será de anticipación y orientación de la evolución técnica apuntando no solo hacia el perfeccionamiento de la Técnica sino también y primordialmente al beneficio de la sociedad.

Nuestra concepción ambivalente de la Enseñanza de la Ingeniería - fuente generadora de recursos humanos y de conocimientos - permite proyectar una doble vía de acción para alcanzar los propósitos mencionados:

- a) enfatizar la componente humanística en la formación del ingeniero desarrollando en él un alto grado de respeto por los valores humanos y de solidaridad hacia las generaciones presentes y futuras, de tal suerte que dirija el ejercicio de su profesión hacia el beneficio

de la sociedad antes que a la fría eficiencia del sistema técnico.

- b) como fuente generadora de conocimientos que sirven al desarrollo de la Tecnología, la Enseñanza de la Ingeniería puede también desarrollar una influencia positiva en la evolución técnica; para ejercer la función orientadora de esa evolución actuando con un criterio de anticipación se requiere una concepción muy amplia de los problemas; esta concepción, que debe al mismo tiempo estar exenta de intereses materiales y sectoriales, es más fácil de alcanzar a nivel de instituciones de enseñanza que en el sistema técnico; en efecto, las instituciones de Enseñanza de la Ingeniería por pertenecer al sistema total de educación pueden promover la participación no solo de Científicos y Tecnólogos sino también de Humanistas; solamente con la participación de todos ellos en un foro común es posible alcanzar hoy el enfoque integral de los complejos problemas que afectan al hombre y a la sociedad; de ese foro integrador del saber humano se pueden esperar las pautas rectoras de la investigación y desarrollo de la Tecnología, evitando que el sistema técnico tenga un crecimiento anárquico y problemático para la sociedad; la Enseñanza de la Ingeniería puede y debe así encauzar orgánicamente la evolución de la Técnica y trascender positivamente sobre la evolución social.

De este modo, siguiendo esta doble vía, la Enseñanza de la Ingeniería logrará que el ingeniero, ligado desde sus orígenes a la Ciencia y a la Técnica, pero consubstanciado también con el hombre, sea fiel a su tradición y cumpla con su misión, esto es que no se conforme con ser técnico, sino antes y por sobre todas las cosas sea hombre.

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, INDUSTRIAL E DE OPERAÇÃO: UMA CONVICÇÃO E DUAS DÚVIDAS

Gledson Luiz Coutinho *

COUTINHO, Gledson Luiz. Engenharia de Produção, Industrial e de Operação: uma convicção e duas dúvidas. Rev. Ensino Eng., São Paulo, 5(1): 76-90, 1º sem. 1986.

A necessidade de melhor conhecimento do que se entende ou se deve entender por Engenharia de Produção impõe o conhecimento dos instrumentos normativos referentes a essa habilitação, bem assim os relacionados com a Engenharia Industrial e a extinta Engenharia de Operação. A legislação de ensino e de fiscalização do exercício profissional da Engenharia examinada pelo autor parece-lhe merecedora, carente e passível de aperfeiçoamento por várias razões, dentre as quais se destacam as diferenças artificiais, o excesso de qualificações aplicadas aos Engenheiros, muitas das quais totalmente inexpressivas, e o pouco rigor no emprego da terminologia. Por outro lado, o autor levanta a hipótese de que os cursos de Engenharia de Operação, tanto quanto os de Engenharia Industrial, teriam sido criados para atender solicitações localizadas, o que constituiria exemplos de "casuismo" da legislação de ensino de Engenharia.

Engenharia de Produção. Engenharia Industrial. Engenharia de Operação.

COUTINHO, Gledson Luiz. Production, Industrial and Operational Engineering: one conviction and two doubts. Rev. Ensino Eng., São Paulo, 5(1): 76-90, 1º sem. 1986.

The need for a better knowledge about the meaning of Production Engineering requires the comprehension of the regulations governing such qualification; also, the same rules regarding the Industrial Engineering (no longer existing) must be considered. The rules for teaching and inspecting the professional practice of Engineering that were examined by the author seemed to him worthy of and lacking in improvement and able to be improved for several reasons, among which one can point out the

* Professor Adjunto - Chefe do Departamento de Engenharia Industrial da Escola de Engenharia da UFMG.

artificial differences, the excess of qualifications applied to the Engineers, many of which are completely meaningless, and the little care in the use of the terminology. On the other hand, the author puts forward the hypothesis that both the Operational and Industrial Engineering courses might have been created to attend to specially located interests, which would be a clear indication of "special tendencies" in the legislation for the teaching of Engineering.

Production Engineering. Industrial Engineering. Operational Engineering.

1 INTRODUÇÃO

O planejamento de um curso de Engenharia de Produção a partir do perfil desejado para o profissional, essencial à mobilização dos recursos adequados e à sua utilização racional, esbarra imediatamente na crise de identidade, amplamente conhecida, aliás, que assola a especialização. A solução viável é, então, a própria escola, com a assistência que julgar necessária, delinear aquele perfil, para uso interno, admitindo revê-lo se necessário, de forma a adquirir as condições mínimas para o planejamento e a ministração do curso em bases objetivas, que possibilitem coordenação e avaliação.

Para isto, torna-se necessário conhecer não só a literatura pertinente, escassa no Brasil, como os instrumentos normativos, vigentes ou revogados, sobre a matéria. Tal esforço, todavia, deve necessariamente ignorar as fronteiras do interesse de origem, estendendo-se, também, à Engenharia Industrial e à sua progenitora, a Engenharia de Operação, visivelmente aparentadas com a Engenharia de Produção.

A partir destas idéias é que, de fato, foi realizado um trabalho amplo de leitura da legislação referente ao ensino da Engenharia e ao exercício profissional, durante o qual nasceram a convicção e as dúvidas, objeto principal do presente documento.

2 UMA CONVICÇÃO: A LEGISLAÇÃO PODE E DEVE SER APERFEIÇOADA

A primeira impressão que a legislação causa ao leitor é a de que os adjetivos empregados para a qualificação dos Engenheiros são numericamente excessivos, além de vários deles serem aparentemente inócuos e desnecessários, enquanto outros são ambíguos e sectários.

Alguns destes inconvenientes podem ser comprovados pelos termos Engenheiro Pleno, Engenheiro de Operação, Engenheiro de Produção, Engenheiro Industrial, Engenheiro de Concepção, Engenheiro Graduado, Engenheiro comum, Engenheiro Tecnólogo (...), Engenheiro de Alto Nível, Engenheiro Profissional, Engenheiro de Formação Científica, Técnico em Engenharia de Operação, Engenheiro de Método, Engenheiro de Processo e Profissional de Formação Tecnológica, encontrados na legislação. É verdade que parte dela está revogada, mas ainda assim sua leitura é extremamente útil à compreensão dos conceitos que têm sido usados no país.

A desnecessidade observa-se, por exemplo, na comparação entre a Resolução nº 10, do Conselho Federal de Educação, de 27 de abril de 1977, que "Caracteriza a Habilitação Engenharia de Produção, do Curso de Engenharia", e a Resolução nº 04/77, do mesmo Conselho, de 25 de fevereiro de 1977, que caracteriza a Habilitação Engenharia Industrial, salvo melhor interpretação para expressões como "Urbanização Econômica e Psicológica do Trabalho" e "Civilização Tecnológica, Explosão Demográfica"*. (Em dezembro de 1983, o CONFEA aprovou sua Resolução nº 288, que "Designa o Título e Fixa as Atribuições das Novas Habilitações em Engenharia de Produção e Engenharia Industrial", sobre que se falará adiante).

E, como se não bastasse o duvidoso emprego das palavras, também sua transcrição é no mínimo suspeita, como sugere a "Urbanização Econômica e Psicológica do Trabalho", acima mencionada, um dos tópicos da matéria Psicologia Aplicada ao Trabalho, a ser incluída entre as de formação geral da habilitação em Engenharia Industrial, segundo a Resolução nº 04/77, do C.F.E.

Partindo do pressuposto de que a legislação é elaborada para instruir o administrador universitário sobre como agir, torna-se fundamental que ela seja o mais claro, o mais coerente, o mais consistente e o mais preciso possível. Portanto, é imprescindível que a legislação se purifique das imperfeições que apresenta, de que a Resolução 48/76, do C.F.E., é um belo exemplo, quando procura apresentar os conceitos Área e Habilitação, escorregando para o ambíguo ÁREA DE HABILITAÇÃO logo no seu artigo primeiro.

* Ver Bibliografia.

Também na legislação que disciplina o exercício profissional há pontos interessantes a destacar. Por exemplo, a Resolução nº 235, do CONFEA, que "Discrimina as Atividades Profissionais do Engenheiro de Produção", diz, em seu Artigo Primeiro, que compete ao Engenheiro de Produção o desempenho das atividades 01 a 18 do artigo 1º da Resolução 218, de 29 de junho de 1973,...

Já em seu Artigo Segundo, a mesma Resolução 235 estabelece que aplicam-se à presente Resolução as disposições constantes do artigo 25 em seu parágrafo único da Resolução 218, de 29 de junho de 1973.

Mas, o que diz o "caput" do Artigo 25 da Resolução 218? Diz que nenhum profissional poderá desempenhar atividades além daquelas que lhe competem, pelas características de seu currículo escolar...

Como se vê, a Resolução 218, do CONFEA, justificadamente elege o currículo escolar como instrumento determinante das atividades profissionais que aquele Órgão pode atribuir aos egressos de um curso de Engenharia e a Resolução 235 confirma a aplicação do mesmo princípio ao Engenheiro de Produção.

A estranheza está em que a Resolução nº 235 do CONFEA é de 09 de outubro de 1975, enquanto a Resolução nº 10 do C.F.E., que "Caracteriza a Habilitação Engenharia de Produção, do Curso de Engenharia" é de 27 de abril de 1977. Em outras palavras, a Resolução do CONFEA estabelece que as atribuições decorrem do currículo escolar e as define, para o Engenheiro de Produção, antes de o currículo ter sido delineado. Mas há inconvenientes mais graves.

"Cursos & Profissões - O Guia do Estudante", publicado pela Editora Abril, embora sem a pretensão de constituir-se em documento normativo, também contribui para o artificialismo da diferença entre o Engenheiro de Produção e o Engenheiro Industrial, ao afirmar, em sua página 22, que: Enquanto o Engenheiro de Produção está mais ligado aos setores administrativos e de Planejamento da Empresa, o Engenheiro Industrial se encontra plenamente integrado às atividades da linha de produção. Ou seja, se o primeiro é encarregado dos métodos, o segundo é responsável pelos processos produtivos e suas atribuições dizem respeito a um estágio posterior e decorrente ao estágio em que atua o Engenheiro de Produção.

A idéia pressupõe conceitos claros e tão diferentes de métodos e

processos a ponto de cada um dar origem a praticamente uma especialização profissional, o que parece pouco aceitável.

Assim, o que se percebe é que as diferenças ficam, às vezes, apenas no papel, porque não podem ser observadas nem no currículo e nem no exercício da profissão. São criadas para justificar nomes diferentes, que refletiriam categorias diferentes, que, por sua vez, justificariam tratamentos diferentes. Este talvez seja o objetivo final de tudo o que se tem feito de menos ortodoxo.

Diante de tudo isto, uma das contribuições necessárias para o aperfeiçoamento do ensino de engenharia é que a legislação seja aperfeiçoada a ponto de poder prestar-se como fonte limpa de informações e instrumento básico de orientação dos esforços daqueles que hoje militam no ensino da profissão. E não se pode confundir esta reivindicação com a aversão freqüentemente observada nas salas de aula das escolas de engenharia, à leitura de textos, ao aprendizado de conceitos e à manipulação de informação não-numérica. O necessário é mesmo uma legislação menos variada, menos repetitiva, mais consistente e mais rigorosa na formulação de conceitos (em se tratando de pareceres) e no uso da terminologia. Caso contrário, às enormes e numerosas dificuldades com que já se defrontam as escolas de engenharia, acrescentar-se-á, ainda, esta outra: uma legislação que não contribui como podia e devia para melhorar as coisas.

3 A PRIMEIRA DÚVIDA: TERIA SIDO A ENGENHARIA DE OPERAÇÃO UM MERO CASUÍSMO?

3.1 Causas prováveis da criação do Curso de Engenharia de Operação

A dúvida tem a sua gênese na suspeita de que dois interesses localizados teriam concorrido para a criação dessa modalidade de curso de Engenharia. Primeiro, o da indústria automobilística, desejosa de recrutar profissionais com formação amoldada aos seus interesses específicos; depois, o de pessoas influentes e acostumadas aos cargos de direção, temporariamente desempregadas, e, por isso, interessadas em criar escolas que pudessem dirigir, sob a alegação de que somente uma "nova escola" seria capaz de formar aquele "novo profissional".

Não obstante terem sido fortes as pressões exercidas a favor daqueles

interesses particulares, é estranhável que as petições que os representam tivessem encontrado guarida nos órgãos federais, resultando na implantação dos cursos de Engenharia de Operação sem a discussão ampla que certamente contribuiria para o esclarecimento dos objetivos visados.

Nunca ficou suficientemente claro, por exemplo, se o Engenheiro de Operação seria um elemento intermediário entre o técnico de segundo grau e o Engenheiro de cinco anos, ou se seria um elemento voltado para um menor número de atividades, embora fundado na mesma base científica. Também não ficou claro se teria de restringir a sua atuação ao setor de produção das empresas ou se poderia elaborar projetos e atuar em funções de planejamento e controle, mais características da alta administração.

A pretensão da indústria automobilística, em que o país formasse um "engenheiro" dimensionado exatamente para os cargos a que pretendia designá-los, pode fazer sentido, consideradas duas vertentes de decisão de interesse exclusivamente empresarial. A primeira, voltada para a redução dos salários até então pagos aos Engenheiros "de cinco anos", cujos conhecimentos eram visivelmente superdimensionados em relação aos vazios cargos que ocupavam. A outra, derivada de sua condição de empresas multinacionais nunca interessadas em contribuir para a criação de uma real competência de Engenharia nos países do terceiro mundo, pois que a eles se dirigem exclusivamente com a finalidade de se aproveitar da mão-de-obra menos qualificada, convenientemente farta, barata e indefesa. Quanto à mão-de-obra local mais qualificada, nunca houve interesse em desenvolvê-la e nem em aproveitá-la, pois que isto extinguiria as possibilidades de aproveitamento, como sempre se fez, de Engenheiros do país de origem.

Bem, mas se esse era o caso, por que a indústria automobilística não procurou formar, ela mesma, esse tipo de profissional, a partir, por exemplo, dos técnicos de segundo grau, aos quais poderia ser dado, com facilidade, um pouco mais de conhecimento?

Agora, se havia real e amplo interesse em Engenheiros com formação escolar satisfatória e treinados especificamente para atuar nas "atividades normais de produção industrial", o problema, então, era outro e sua solução estava bem longe daquela que foi dada, constituindo ainda hoje uma questão por resolver.

Por outro lado, em relação à aspiração das pessoas aos cargos de direção, será que para satisfazê-la era necessário criar "novas escolas", e, para justificar tais escolas, conceber e lançar um "novo produto", cuja aceitação pelo mercado jamais esteve assegurada?

3.2 Engenharia de Operação: uma idéia natimorta

Esta proposição, decorrente da leitura de documentos sobre Engenharia de Operação, prende-se a um aspecto que ainda hoje influencia os Cursos de Engenharia Industrial e de formação de Tecnólogo, qual seja a constatação de que a legislação referente à Engenharia de Operação é eivada de referências depreciativas a esta modalidade de Engenheiro, tanto no que diz respeito à sua formação, quanto no que diz respeito às tarefas típicas.

Ao que parece, existiu e ainda existe um velado menosprezo pela atividade de produção industrial, característica da finada Engenharia de Operação. Talvez sob a influência da indústria automobilística, o Engenheiro de Operação parece ter sido concebido como um profissional destinado a fazer nada além de simplesmente supervisionar o trabalho de operários de linhas de montagem, assumindo uma postura profissional de mero feitor.

Num país onde, goste-se ou não, a titulação formal é fonte de "status", tudo aquilo que a deforma e que a deprecia repercute, imediatamente, sobre o "status" pretendido. Salta aos olhos de quem compulsa a legislação referente à Engenharia de Operação o interesse do legislador em criar um SUB-ENGENHEIRO, quando, para desempenhar as mesmas atribuições, talvez fosse melhor criar um SUPER-TÉCNICO.

O parecer 60/63, da Câmara de Ensino Superior, do C.F.E., aprovado em 09.02.63, que, noutros termos, recomendou a criação do curso de Engenharia de Operação, menciona *engenheiro de alto nível ou mesmo cientista*, referindo-se ao formado em 5 anos, no mesmo parágrafo em que menciona *engenheiro comum para a rotina das Operações Industriais*, ao se referir ao Engenheiro de Operação. O mesmo documento define as atribuições dos dois tipos de engenheiros: um deles, de cinco anos, (...) com as atribuições criadoras e de pesquisa, de desenvolvimento e de elaboração de projetos; o segundo curso com duração de 3 anos (...) tem a seu cargo a

gerência, a orientação, a manutenção, a superintendência, enfim a operação propriamente dita dos estabelecimentos ou entidades de produção. Como se vê, ao Engenheiro formado em cinco anos estão reservadas as tarefas criadoras de pesquisa, eis que são de alto nível. E o que estaria reservado, por exclusão, ao Engenheiro de Operação e qual o seu nível? A resposta é óbvia.

O parecer 25/65, da Câmara de Ensino Superior (1º Grupo) do C.F.E., aprovado em 04.02.65, conceitua o Engenheiro de Operação como *Elemento de formação tecnológica (...) para habilitação à supervisão de setores especializados de indústria e encargos normais de produção industrial*. De sua formação, o documento fala que é predominantemente prática, necessária à condução dos processos industriais, (...) às atividades normais ou de rotina das indústrias. Por outro lado, o mesmo documento diz que o engenheiro graduado, com curso básico atual de cinco anos, *apoia* do em mais sólida formação científica, *terá também* os encargos de pesquisa e projeto e a característica de sua atuação *será* a criatividade.

O Conselho Federal de Engenharia e Arquitetura, no Artigo 5º de sua Resolução nº 151, de 26.07.66, deixa clara a sua concepção do que devia ser o trabalho daquele que veio a ser o Engenheiro de Operação, ainda não batizado, naquela data: *sob a direção e a supervisão de engenheiro ou arquiteto diplomado em curso cujo enquadramento seja de 4 ou 5 anos, (...) são as seguintes as atribuições dos profissionais de que trata a presente resolução: b) A coordenação de operação de mão-de-obra necessária à execução de obras, serviços ou trabalhos de engenharia ou arquitetura*.

Como se vê, não só o "caput" do artigo estabelece a hierarquia, como na atribuição b o engenheiro de Operação recebeu o inconfundível perfil de feitor.

Aos que argumentam com a necessidade de se estabelecer diferenças de atribuições e "status" que refletissem a diferença de escolaridade entre o Engenheiro de Operação e o Engenheiro formado em 5 anos, cabe lembrar que, embora lógica, a tentativa não levou em conta os fatores culturais, como, por exemplo, tradição de destaque da profissão de Engenheiro no mercado de trabalho e na sociedade brasileira em geral, cabendo, ainda, insistir na pergunta: por que não um SUPER-TÉCNICO, em lugar de um SUB-ENGENHEIRO?

Pode-se indagar se o Engenheiro de Operação, como concebido e descrito nos pareceres 60/63 e 25/65 da Câmara de Ensino Superior (1º Grupo) do C.F.E., mereceriam "um lugar ao sol" entre os profissionais brasileiros de Engenharia. Talvez sim, para preencher uma lacuna e com formação, título e atribuições adequados, mas nunca em decorrência de uma visão simplista da função produção. E foi devido às inconsistências conceituais e à má qualidade de sua formação que o Engenheiro de Operação teve fim ainda na adolescência.

A publicação "A Nova Concepção do Ensino de Engenharia no Brasil", do Departamento de Assuntos Universitários do MEC, abril de 1977, à página 193 afirma: *Do exposto conclui-se que, salvo as raras exceções já aludidas, os cursos de Engenharia de Operação não têm tido possibilidade de formar um profissional para o atendimento das necessidades da indústria, com as características do Parecer 25/65, pois em função dos próprios currículos, não se têm revestido do caráter de terminalidade desejado; não têm formado o elemento intermediário entre o Engenheiro e o Técnico, como erroneamente tem sido suposto ser a sua função, pois, além de fatores subjetivos envolvidos, também os próprios currículos são inadequados a esse objetivo. A menos das exceções já consideradas, os cursos de Engenharia de Operação têm em geral produzido um tipo de "Engenheiro condensado", com formação básica inadequada, que se obriga a si mesmo a prosseguir os estudos de complementação, para tentar encontrar o seu próprio lugar dentro do complexo industrial que o solicita.*

3.3 Uma visão míope da Produção

O maior problema criado pela hierarquização das diferentes modalidades de Engenheiros é que ela se deu a partir de uma errônea imagem do homem que exerce os encargos normais de produção industrial.

Concebendo-o como um simples feitor, o legislador tentou negar-lhe participação mais significativa e mais importante na atividade industrial. Assim é que foi negada ao Engenheiro de Operação a criatividade, como se fosse prerrogativa do Engenheiro que elabora Projetos. Atribuiu-se-lhe, de modo desairoso, a tarefa de *operação propriamente dita dos estabelecimentos ou entidades de produção*, como se fosse pouco importante e não desse origem a dois dos mais sérios problemas da indústria nacional: a falta de qualidade e a baixa produtividade.

É sabido que, salvo honrosas exceções, as empresas brasileiras não conseguem competir no mercado internacional de produtos industriais, nem em qualidade e nem em preço. Ora, quantas empresas nacionais adquirem "projeto básico" ou de "engenharia geral", encarregando-se apenas de detalhá-lo e de executá-lo, com pequenas adaptações, quando não adquirem também o próprio detalhamento? Se o grande segredo da atividade industrial estivesse apenas na área de Projeto, como toda essa legislação veladamente tenta mostrar, tais empresas poderiam facilmente concorrer no mercado internacional, desde que adquirissem projetos de boa procedência. E sabemos todos que não é isto que ocorre. Mesmo que o projeto de um grande equipamento, por exemplo, esteja pronto, na hora de produzi-lo existem falta de qualidade, dúvidas, erros e atrasos suficientes para retirar à empresa brasileira a condição de competitividade no mercado internacional.

A triste conclusão a que se chega é que a função de Produção foi, à época do Engenheiro de Operação e continua ainda hoje com o Tecnólogo, atribuída, por miopia dos legisladores e dos seus assessores, a profissionais com menos escolaridade, a despeito de geralmente ser executada em condições muito mais desfavoráveis do que a atividade de elaboração de projeto. Sob certos aspectos, aliás, o exercício da função Produção exigiria, para um nível de desempenho necessário à competição internacional, e ao contrário de tudo o que implicitamente se disse, profissionais mais bem formados do que os de outras áreas empresariais.

Comparem-se a responsabilidade do Engenheiro do setor de Produção com as de outros setores, em relação a: patrimônio sob sua responsabilidade; dimensão do contingente humano sob sua chefia; consequência do não cumprimento de prazos de entrega; utilização racional dos meios de produção à sua disposição e qualidade do produto que executa, por exemplo. É pois, incompreensível que este tipo de tarefa, exatamente o ou um dos mais complicados da atividade empresarial, seja entregue a profissionais menos qualificados.

Por último, cabe lembrar que, nos casos de produção em série, como na indústria automobilística, Engenheiros há que projetam o produto e Engenheiros há que projetam a própria fábrica. Os Engenheiros experimentados em Produção exercem influência não só no projeto da fábrica mas, também, no projeto do produto, sempre em busca de soluções que proporcionem

uma produção mais eficiente. Não podem, então, os Engenheiros do setor de Produção ser reduzidos a meros feitores, mas devem integrar aquilo que Henry Mintzberg denomina "Technostructure", cuja importância é maior nas empresas que ele classifica como "Machine Burocracy", entre as quais se destacam exatamente as empresas montadoras de automóveis.

Há que se atribuir um mérito à criação do curso de Engenharia de Operação: é que ele resultou do reconhecimento da necessidade de se formar, no país, Engenheiros especificamente treinados para os encargos no mais de produção industriais. Haverá outros?

4 A SEGUNDA DÚVIDA: TERIA SIDO A CRIAÇÃO DOS CURSOS DE ENGENHARIA INDUSTRIAL UM OUTRO CASUÍSMO?

O malogro da experiência com a Engenharia de Operação indicou a necessidade de acurada revisão na Engenharia de Operação, em boa hora levada a efeito pelo C.F.E.

Em seu Parecer nº 4434/76, aprovado pelo C.F.E. em 16 de dezembro de 1976, o Conselheiro Heitor Gurgulino de Souza assim se manifestou: *Des- ta forma, para que sejam atendidos os objetivos visados com a formação do Engenheiro de Operação, eliminando-se os problemas e dificuldades que a experiência de mais de 10 anos permitiu detectar, propõe-se neste Pa- recer a aprovação da caracterização da Habilitação Engenharia Industrial, juntamente com a revogação do currículo mínimo estabelecido naquele Pa- recer nº 25/65 (para aquela modalidade de Engenharia).*

Parece razoável a interpretação de que uma acentuada preocupação com as Escolas que ministravam cursos de Engenharia de Operação teria levan- do o ilustre Relator à hierarquização de suas idéias como ele as propôs: primeiro, a aprovação da caracterização da habilitação Engenharia Indus- trial; depois, a extinção do currículo mínimo dos cursos de Engenharia de Operação. Embora salutar essa preocupação, pode-se questionar a ins- titucionalização de um curso novo para satisfazer a conveniência das Escolas, quando os alvos de tais providências deviam ser o aluno e o mer- cado de trabalho.

À época da caracterização da habilitação Engenharia Industrial, já es- tava em vigor a Resolução 48/76 do C.F.E., aprovada em 27 de abril de

1976, que, no Parágrafo Único do Artigo 7º, menciona a possibilidade de criação de Habilitações específicas do curso de Engenharia nos seguin- tes termos: *Nesta nova estrutura de currículos mínimos, torna-se fácil caracterizar novas especialidades ou novas modalidades correspondentes a novas habilitações da Engenharia, levando a atribuições específicas, sem necessidade de completa reformulação ou mesmo de uma nova formulação de currículos mínimos correspondentes.* Mas, como já vigorava a Resolução nº 235, do CONFEA, de 09 de outubro de 1975 que discriminava atividades profissionais do Engenheiro de Produção, e já funcionavam, em várias uni- versidades públicas e particulares, Departamentos, Programas e Centros de Engenharia de Produção, havia à época da caracterização da habilita- ção Engenharia Industrial, os elementos essenciais para a regularização e o fortalecimento de uma habilitação em Engenharia de Produção. Só se justificaria, portanto, a caracterização de uma outra habilitação, se ao egresso de seus cursos fossem conferidas atribuições específicas, como previsto pela Resolução 48/76 do C.F.E.

Por sua vez, a Resolução nº 218 do CONFEA, de 29.06.73, não estabele- cia qualquer diferença entre o Engenheiro Mecânico e o Engenheiro Indus- trial Modalidade Mecânica, tratando-os conjuntamente num mesmo artigo e definindo para ambos as mesmas competências profissionais. Diante dis- so, o mínimo que se pode dizer é que a denominação Engenharia Industrial não era expressiva de uma intenção inovadora. Portanto, parece não ter sido feliz a idéia de propor a caracterização de uma tal habilitação, pois, aos diplomados nesse curso, o CONFEA não conferiria qualquer atri- buição específica, ignorando, completamente a ligação entre a nova habi- litação e o perfil profissional por ela herdado ao Engenheiro de Opera- ção, exposto no Parecer 25/65, do C.F.E. Enfim, nos termos da Resolução nº 218, do CONFEA, o Engenheiro Industrial nada tinha de diferente do Engenheiro Mecânico "ecclético".

Ao contrário disto, era nas atribuições do Engenheiro de Produção - Resolução nº 235, de 09.10.75, do CONFEA - que se podiam observar expres- sões indicadoras da afinidade entre a Engenharia de Produção e a defini- ção do profissional dada no Parecer C.F.E. nº 25/65, aceita unanimemente pelas instituições de ensino e pelas empresas em geral (e transferido pa- ra o Engenheiro Industrial). O Parecer do C.F.E., fala em profissional formado para a supervisão de setores especializados da indústria e

encargos normais de produção industrial, enquanto a Resolução nº 235 do CONFEA diz que: *Compete ao Engenheiro de Produção o desempenho das atividades de 01 a 18 do artigo 1º da Resolução nº 218, referentes aos procedimentos na fabricação industrial, aos métodos e seqüências de produção industrial em geral e ao produto industrializado; seus serviços afins e correlatos.*

Portanto, não existia, salvo melhor juízo, necessidade alguma de caracterização de mais uma habilitação dos Cursos de Engenharia, senão a de proporcionar justificativa, de procedência no mínimo discutível, para que certas Escolas passassem a oferecer o curso de Engenharia com duração de 5 anos, após a extinção dos Cursos de Engenharia de Operação, mantendo, desta forma, o seu "status".

O que conduz à suposição de que a caracterização da habilitação Engenharia Industrial só interessava àquelas Escolas é o fato de que entre as instituições que em 1982 mantinham a habilitação Engenharia Industrial não se alinhava nenhuma universidade federal ou universidade particular de maior tradição, como se pode ler na publicação "FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO INDUSTRIAL" - ABENGE-1982.

Não há qualquer preconceito contra Escolas menos tradicionais na formação de Engenheiros "Plenos" nem contra as de menor porte e/ou sedadas em cidades do interior. É preciso que se diga, a seu favor, que, beneficiadas pela "solução" encontrada no momento inicial, poderão sofrer o mesmo desgaste que tanto prejudicou as Escolas que ofereciam curso de Engenharia de Operação ou seja, o desgaste decorrente da imagem de instituição que forma profissionais de qualidade inferior.

Todavia, as duas conseqüências mais graves desse possível casuísmo se abatem sobre o próprio ensino de Engenharia. A primeira delas está em se pretender transferir para o Engenheiro Industrial de hoje mesma definição do profissional dada ao Parecer C.F.E. 25/65, aceita unanimemente pelas instituições de ensino e pelas empresas em geral, que, em última análise, foi a manifestação concreta de uma visão míope da função Produção, pela qual a função Produção das empresas pode ser exercida, com propriedade, por pessoal de menor qualificação: inicialmente, o Engenheiro de Operação e, por herança, o Engenheiro Industrial. A segunda conseqüência do possível casuísmo é que ele retira a confiabilidade de que o sistema normativo do ensino de Engenharia precisa gozar.

5 CONCLUSÃO

O resultado desta legislação aparentemente casuística é que a 07 de dezembro de 1983 o CONFEA aprovou sua Resolução nº 288, que designa o título e fixa as atribuições de suas novas habilitações, onde se lê: *Artigo 1º - Aos profissionais diplomados em Engenharia de Produção ou Engenharia Industrial, cujos currículos obedecem às novas estruturas, dar-se-á o título e as atribuições de acordo com as seis grandes áreas da Engenharia, de onde se originaram, e da seguinte forma: a)...b) Aos oriundos da área Mecânica, o título de Engenheiro Mecânico, e as atribuições do artigo 12 da Resolução nº 218/73, do CONFEA.*

Como se vê, (a) para o CONFEA, todos os Engenheiros formados na área de Mecânica terão o mesmo título, o de Engenheiro Mecânico, sem qualquer qualificação adicional. A qualificação deve figurar na Carteira Profissional fornecida em obediência ao disposto no Artigo 56, da Lei 5194, de 24 de dezembro de 1966. (b) os Engenheiros Mecânicos formados na Habilitação Produção e na Habilitação Industrial terão, além do mesmo título, as mesmas atribuições.

Colocadas as coisas nesses termos, algumas perguntas parecem cabíveis:

- Os currículos das Habilitações Produção e Industrial da área Mecânica justificam realmente atribuições diferentes das do Engenheiro Mecânico convencional, de 5 anos, e diferentes entre si?
- Se, de fato, nada há que justifique a especificidade de atribuições, como se pode justificar toda esta confusão causada pelo conceito de habilitação, em geral, e de habilitação Engenharia de Produção ou Habilitação Engenharia Industrial, em particular?
- Se os conceitos de habilitação e as especificidades de atribuições têm razão de ser, quando é que as providências serão tomadas para conformar o ensino e a fiscalização profissional a essa necessidade?

Para o administrador universitário, particularmente aqueles mais diretamente envolvidos com o ensino da Engenharia, a situação está complicada e justifica a decisão, que muitos tomam, de fazer as coisas que julgam acertadas, sem maiores preocupações com a legislação ou apesar dela.

BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO Brasileira de Ensino de Engenharia. Panorama atual. In: *Formação do Engenheiro Industrial*. São Paulo, 1982. p.105-221.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. O caso particular da engenharia de operação. In: *Nova concepção do ensino de engenharia no Brasil*. Brasília, 1977. p.183-214.
- BRASIL. Resoluções do C.F.E. Resolução nº 4 de 25 de fevereiro de 1977. *Documenta*, 15 (196): 279-80, março de 1977.
- ENGENHARIA Industrial. In: *Cursos & Profissões*; o guia do estudante. São Paulo, Ed. Abril S.A., s.d.p.22.
- MINTZBERG, Henry. Designing the superstructure. In: *Structure in Fives; designing effective organizations*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1983. p.45-72.
- KAWAMURA, Lili Katsuco. Engenheiro e trabalho profissional. In: *Engenheiro: trabalho e ideologia*. São Paulo, Ed. Ática, 1979. p.28-59.

O ENSINO DA TOPOGRAFIA NAS ESCOLAS DE ENGENHARIA

Jorge Pimentel Cintra *

CINTRA, Jorge Pimentel. O ensino da Topografia nas escolas de engenharia. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 5(1):91-101, 1º sem.1986.

Diferenças de enfoque são apresentadas para o ensino de Topografia para topógrafos, engenheiros ou em cursos de pós-graduação. No ensino para engenheiro insiste-se muito na aquisição de habilidades e conhecimentos próprios de um topógrafo, enquanto dá-se pouca ênfase a importantes aspectos teóricos. Analisa-se também a progressiva utilização dos computadores na topografia e sua introdução nas escolas, dividindo-a em três fases: o computador como simples máquina de calcular, como gerenciador de dados e como ferramenta interativa de projeto através da construção de modelos digitais do terreno.

Ensino da Topografia. Inovações. Computadores. Topografia.

CINTRA, Jorge Pimentel. Teaching of Topography in the engineering schools. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 5(1):91-101, 1º sem.1986.

Differences of approach for the undergraduate teaching of topography to future topographers and engineers, and to graduates are presented. In the undergraduate teaching to engineering students emphasis is given to the acquisition of skills proper of topographers, while little attention is given to important theoretical aspects. The progressive utilization of computers in topography is also analysed, as well as their introduction in schools. Three phases are identified: the computer as a mere calculation machine, as a data manager, and an interactive tool for designing by means of the mathematical construction of digital models of the terrain.

Teaching of Topography. Innovation. Computers. Topography.

* Professor de Topografia na Escola Politécnica da USP - Consultor da Método Informática Ltda.

1 O TOPÓGRAFO E O ENGENHEIRO CIVIL

É um fato até certo ponto paradoxal que se valorizem pouco as profissões de nível médio, em um país como o nosso, tão carente de profissionais competentes, que saibam resolver com eficácia os problemas do dia a dia. Assim, alunos de escolas técnicas, profissionalizantes, encaminham-se para o vestibular de acesso à Universidade; tecnólogos e escolas de nível claramente intermediário, reivindicam a equiparação à engenharia plena.

É que o título de doutor (médico/engenheiro/advogado), pese a caricaturização e ridicularização dessa postura em vários romances, ainda conta muito. E ainda não penetrou na alma nacional o fato de que ser profissional de nível médio não equivale à mediocridade, nem é demérito algum. Nesse sentido pode-se lembrar a frase de um renomado jogador de futebol dos velhos tempos, que era bom de bola e bom de idéias; ao ser perguntado se seu filho ia ser jogador ou teria "uma profissão de alto nível" respondeu que não lhe importava: pode até ser lixeiro, desde que goste de sua profissão e saiba exercê-la com dignidade e competência.

Fazemos essas considerações para destacar o importante papel do mestre de obras, do técnico em edificações, do técnico em solos, do encanador ou técnico em hidráulica competente, do topógrafo. Todos desempenham tarefas extremamente necessárias e não suficientemente valorizadas. Existem boas escolas e encontramos profissionais de gabarito ou, como se diz na gíria, "de tirar o chapéu". Em contraste, devido à sobrevalorização e procura maciça, encontramos um grande contingente de engenheiros que desempenham funções ou tarefas de nível médio, ou com subempregos, e que, em consequência, não estão satisfeitos com a tarefa que realizam. Isto sem falar no problema da competência profissional.

O equilíbrio dessas distorções está na correta distribuição de funções. Nem o profissional de nível médio deve procurar equiparar-se profissionalmente ao engenheiro, nem este deve exercer tarefas que não lhe competem. Se a realidade não é assim, deve-se estudar a forma de corrigir essa inversão de valores, que só pode gerar deslocamentos e frustrações, para qualquer dos envolvidos.

Nessa chave de raciocínio, topógrafo e engenheiro civil devem precisar seus respectivos domínios, encontrando também a ampla zona de

colaboração. E nesse jogo tem seu papel a forma como é ministrada a disciplina de Topografia numa e noutra escola.

2 O ENFOQUE DA TOPOGRAFIA NAS ESCOLAS DE ENGENHARIA

Estudando ambos, engenheiro e topógrafo, a mesma disciplina, o que deve variar é o enfoque e a extensão dos temas.

Não pode o engenheiro pretender a mesma habilidade e prática de um topógrafo, em que pese a ênfase e insistência de muitas escolas e professores. Já não se concebe, é verdade, o diploma de topógrafo ao aluno de engenharia que tenha cursado tal disciplina, mas de certa forma essa mentalidade ainda deixa seus vestígios.

As escolas de topografia e agrimensura devem desenvolver no aluno a habilidade de operação de instrumento, o conhecimento detalhado de aparelhos e técnicas de campo, o treino para a sistemática de levantamento e cálculos; tudo isso com rapidez, prática e segurança.

Já as escolas de engenharia não necessitam dar tanta ênfase à operação de instrumentos, que são raramente o engenheiro utilizará nos variados tipos de aparelhos, cujo aprendizado exaustivo perde sentido e validade frente às rápidas inovações e obsolescências; nem no desenho da planta, cuja habilidade manual de traçado, principalmente a nanquim, pode ele não ter.

O que o engenheiro não pode desconhecer é a concepção teórica e os princípios gerais de funcionamento dos instrumentos, ferramenta que lhe possibilitará, mais tarde e se necessário, entender o modo de operar qualquer marca ou tipo de aparelho. Não pode desentender-se também da organização dos levantamentos, do modo como se efetuam as operações de campo, de como se fazem os cálculos, da forma como se constroem as plantas a partir dos dados do terreno e, principalmente, como ler e trabalhar com as plantas topográficas para a implementação de projetos de engenharia.

Não podem faltar também, a meu ver, alguns itens que atualmente não vêm sendo ministrados nas escolas e que seriam de extrema utilidade para a vida profissional. Refiro-me em primeiro lugar a algumas noções básicas de geodésia, que permitissem o estudo das coordenadas no sistema

UTM. Quem tenha contacto com renomadas firmas projetistas pode assegurar que os profissionais procurados para resolver esses problemas são sempre os mesmos: uns poucos "que ainda entendem do assunto". Depois, está todo o campo das inovações metodológicas, que procuraremos analisar mais adiante, e que ainda tem pouco lugar ao sol nas escolas.

3 A NECESSIDADE DA TEORIA

"Nada mais prático do que uma boa teoria" já dizia um renomado cientista. Não que menosprezemos a visão prática que deve ter o engenheiro, mas se descuidamos sua formação e embasamento sólido estaremos construindo sobre terreno movediço, e os "recalques" não se farão esperar.

Privilegiando uma maior quantidade de informação, de detalhes ou de novidades, talvez estaremos formando profissionais que já saem da escola com alguma "tarimba" e aptos para resolver rapidamente os problemas do dia a dia. Mas a falta de uma maior formação será sentida mais adiante quando as soluções não forem tão triviais e exigirem maiores conhecimentos. Problemas novos requerem, além de uma idéia feliz, uma boa dose de teoria.

É claro que o grau de teoria pode e deve variar de escola para escola, mas não pode faltar aquela que, fiel às suas tradições, mantenha um alto nível de ensino, mesmo que isso signifique um menor número de alunos.

Isso talvez possa parecer um "elitismo" antiquado e retórico, em face de alguns que se empenham em confundir democracia no ensino com a ignorância generalizada de um nivelamento por baixo. De mais a mais, as elites são cultivadas tanto na Suíça como na Rússia, cientes de que o progresso e a elevação intelectual e social de toda a nação depende do desenvolvimento de seus "homens de ponta".

De outra forma, quem realizará pesquisas, quem ensinará nas universidades, quem terá capacidade para governar a nação?

A topografia, em seu sentido mais amplo, também comporta pesquisa, e muita. E é por isso que se justifica, em nível universitário, um enfoque menos voltado à prática de campo e mais ao desenvolvimento dos fundamentos.

Esse caminho, ainda que possa parecer indireto, produz muitos resultados práticos. "Frequentemente as idéias teóricas - dizia Picard - foram um germe fecundo donde surgiram importantes progressos na indústria, na agrimensura, na medicina. Os cientistas sonhadores que parecem perdidos em suas especulações são, a seu modo, homens práticos: a aplicação se apresenta às vezes por acréscimo. A fonte se esgotaria rapidamente se um espírito exclusivamente utilitário chegasse a dominar em nossas sociedades, demasiadamente preocupadas pelas vantagens imediatas".

4 A AEROFOTOGRAMETRIA NAS ESCOLAS

Por ter surgido posteriormente e por sua autonomia como disciplina independente, a aerofotogrametria teve que conquistar seu espaço na engenharia, muitas vezes cumprindo o número de aulas, dedicadas à topografia terrestre clássica. Por isso, em algumas escolas, toda essa disciplina é vista em umas poucas aulas, no final do curso, quando, além disso, o aproveitamento é menor, pelo cansaço dos alunos e pela psicologia de fim de curso.

As mesmas observações de enfoque da matéria, já feitas anteriormente, valem também aqui. Com a diferença de que na aerofotogrametria é praticamente impossível querer dar ênfase à parte instrumental. A operação de um restituidor é algo que exige longo treinamento, e a habilidade só vem com anos de prática. Dessa maneira é naturalmente mais fácil que o interesse se volte para os princípios teóricos da fotogrametria e da restituição, para os princípios gerais de funcionamento dos aparelhos, para a organização do plano de vôo, para a obtenção de plantas a partir de fotos, para os métodos de cálculo.

Um maior destaque poderia ser dado às aplicações e à criação de modelos digitais do terreno, a partir do modelo estereoscópico.

De qualquer forma, pela complexidade da teoria matemática implícita e pelo tempo que demanda seu desenvolvimento, parece-nos que muita coisa deve ser deixada para cursos específicos ou de pós-graduação.

5 TOPOGRAFIA E INOVAÇÕES INSTRUMENTAIS

Não há dúvida de que novos instrumentos devem ter cabida nas aulas

de topografia de uma escola que se quer manter atualizada e em contacto com a realidade da vida profissional.

No entanto, mais importante do que expor aos alunos "as últimas novidades" é estar atento às potencialidades que os novos instrumentos apresentam. O exemplo dos distanciômetros eletrônicos pode ser bastante ilustrativo.

Sem descer a enorme variedade de marcas e tipos, é preciso apontar os fundamentos teóricos da medição de distância através da comparação de fases de ondas (luminosas, infra-vermelho, microondas) própria desses aparelhos. Também é interessante salientar limites de distância e precisão; o aumento de rendimento e rapidez nos levantamentos, etc. Mas não se omitam as novas metodologias de levantamento e cálculo que surgem com esses instrumentos.

Com efeito, antigamente era muito mais rápido e preciso medir ângulos do que distâncias, e nas redes geodésicas mediam-se normalmente duas bases (de partida e de chegada) e uma infinidade de ângulos nas figuras intermediárias. A metodologia de implantação e os cálculos para essas triangulações em redes estavam e estão bem desenvolvidos. Com o advento dos distanciômetros possibilitou-se a medição de muitos lados (diminuindo a medição de ângulos), introduzindo-se novas técnicas como a trilateração e a poligonação geodésicas. Isso exigiu uma reformulação da concepção geral e o desenvolvimento de novos métodos de cálculo, bem como o estudo de ajuste de figuras, e compatibilização de instrumentos. Viabilizou também a aplicação de métodos até então só úteis em teoria, como o fechamento ponderado de poligonais, que não têm sentido para pequenas dimensões.

Requer-se, portanto, nesta filosofia de trabalho que postulamos, um desenvolvimento teórico para dar suporte às novas possibilidades e isso é tarefa que a escola não pode desconhecer.

6 O IMPACTO DOS COMPUTADORES NA TOPOGRAFIA

Podemos dividir em três fases a progressiva utilização do computador na topografia. A seguir fazemos uma breve descrição de cada uma delas.

Primeira etapa

Como a massa de cálculos envolvidos é muito grande, as máquinas de calcular programáveis representaram o máximo das aspirações de muitos. Foram dispensados ábacos, tabelas de funções trigonométricas e logarítmicas e, com o advento das impressoras, uma enorme variedade de formulários. Essa substituição do cálculo manual pelo eletrônico constitui o elemento essencial que caracteriza esta primeira etapa da topografia, em que o computador é utilizado apenas como uma máquina de calcular com maiores e mais poderosos recursos.

Progressivamente foram sendo elaborados programas, desde os que realizam as tarefas corriqueiras até os que efetuam trabalhos mais complexos com coordenadas, traçados geométricos aplicativos, etc.

Essa primeira etapa já se encontra praticamente vencida, por todas as firmas e, no seu encalço, ainda que tardia, por boa parte das escolas de engenharia. Ao professor de topografia compete indicar a conexão das fórmulas de cálculo com o processo de programação. O demais, equipamentos e noções de programação, corresponde e supõe-se dado pelas disciplinas competentes.

Segunda etapa

Num segundo estágio, o computador é utilizado como gerenciador de dados, desenhista de figuras planas e emissor de tabelas e memoriais.

Esse esquema, próprio de grandes loteamentos rurais ou de urbanizações, envolve o gerenciamento de muitos dados e poligonais entrelaçadas. Deve-se organizar a numeração e nomenclatura de vértices e figuras, criar um sistema único de coordenadas e realizar o ajuste integrado de todo o conjunto.

O computador, além dos cálculos, realiza a emissão de relatórios e memoriais descritivos para fins de escritura contendo o percurso dos limites, divisas, áreas, proprietários, etc. Com o auxílio de equipamento gráfico consegue-se desenhar a planimetria dos lotes com todos os dados necessários para apresentação junto aos órgãos oficiais.

Num curso de topografia não é difícil fazer menção desta aplicação, podendo-se encaixar o assunto junto com a organização de levantamentos.

Aumentaria o aproveitamento da aula se os alunos já dispusessem de algumas noções de estrutura de dados e computação gráfica.

Este estágio, próprio de médias e grandes firmas, encontra-se pouco difundido na prática, e ainda não foi atingido pela maioria das escolas.

Terceira etapa

Num terceiro estágio, a utilização do computador exige uma nova filosofia, um novo modo de encarar não só a topografia mas todo o projeto. A atenção que estava voltada para o desenho da planta topográfica, desloca-se para a construção de um modelo digital do terreno. Este passa a ser a ferramenta principal de trabalho a partir da qual se calculam volumes e áreas, desenham-se perfis, otimizam-se traçados de estradas, estudam-se alternativas e impactos de projetos, desenham-se curvas de nível e perspectivas tridimensionais, etc.

A construção desses modelos matemáticos (funções analíticas ou redes discretas de pontos), junto com o advento das estações gráficas (work station) permite a realização de projetos assistidos por computador (CAD) também nesta área, possibilitando assim, num jogo interativo projetista-máquina, explorar alternativas criativas de projeto. Oferece também mais elementos técnicos para uma decisão rápida e segura.

Em nível de graduação parece-nos que bastaria um apanhado geral dos métodos e sistemas existentes, destacando os fundamentos teóricos da representação de superfícies com o auxílio do computador e do desenho das curvas de nível. A parte de computação gráfica necessária para a compreensão desta matéria é simples, e pode ser introduzida nos cursos de desenho, coisa que já vem acontecendo em uma ou outra escola.

Pensando em termos de pós-graduação nessa área, que não pode faltar nas boas escolas, vê-se que há muito campo e pesquisas a serem realizadas. E aqui, mais do que nunca, se vê a eficácia de contar com um bom embasamento teórico. A construção de um modelo digital do terreno exige, além de uma concepção sólida e coerente, um conjunto de conhecimentos matemáticos. Pela complexidade da tarefa, não se descarta a possibilidade de equipes interdisciplinares para desenvolver modelos, contando, é claro, com bons matemáticos.

7 TOPOGRAFIA E DISCIPLINAS AFINS

Como é lógico, o impacto da computação não se dá somente na área de topografia. Quase todas as disciplinas, afora as mais teóricas, sentem o influxo das inovações. Basta pensar por exemplo nos chamados "métodos dos elementos finitos", tão utilizados nos cálculos de estruturas e solos; na cadastrologia através de computadores: imóveis, redes de serviços urbanos, etc.; no geo-processamento aplicado ao planejamento; nos modelos de tráfego e transporte urbano; na construção de bancos de dados com aplicações ao planejamento urbano; na elaboração de orçamento e controle de obras com auxílio de micros. Tudo isso para falar estritamente de algumas disciplinas de engenharia civil.

Ao tentar incorporar os novos avanços em cada área, duas situações extremas costumam ou podem acontecer. Numa primeira etapa, em que cada área procura dar os primeiros passos, é freqüente ocorrer a repetição do núcleo comum a todas as disciplinas, multiplicando o esforço dos professores e fazendo com que os alunos ouçam sempre a mesma cantilena no início dos cursos: noções de "hardware", noções de "software", técnicas de programação, etc.

A seguir, numa segunda onda, ao tentar integrar os esforços pode-se pensar em fundir disciplinas relativamente afins, englobando num só curso matérias concatenadas, por exemplo o geoprocessamento e a topografia, mas que examinadas a fundo e desapaixonadamente só possuem em comum a computação, ou pouco mais.

Para sanar esses inconvenientes pode-se pensar em criar uma cadeira básica que englobe os núcleos comuns e promover, por outro lado, a evolução homogênea das disciplinas, preservando cada uma sua identidade própria. A colaboração interdisciplinar poderia ser feita a nível de pós-graduação.

O núcleo comum poderia ser agregado às disciplinas de computação com a expansão destas ou com a criação de uma nova em que seriam ministradas algumas noções especiais de métodos numéricos e processamento de dados aplicados à engenharia e que seria o ferramental básico para as demais disciplinas. Toda a parte computacional e suas inovações ficaria a cargo desta área: equipamentos, programas, fundamentos matemáticos para representações numéricas, etc.

A evolução homogênea das disciplinas, preservando a identidade própria de cada uma, assegura o desenvolvimento harmônico do conjunto, sem polarizações em torno de um ponto com o desconjuntamento do currículo e evitando assim o perigo de "afundar o barco velho sem saber se o novo vai flutuar".

Nessa linha de atuação, a cadeira de desenho em algumas escolas, como já apontamos, vem evoluindo no sentido de dar elementos de computação gráfica. O planejamento urbano pode incluir noções de geoprocessamento, bancos de dados e cadastrologia. As disciplinas de projeto podem dar noções de projeto (CAD) e projeto arquitetônico (CAAD) assistido por computador. A topografia incluiria a representação de superfícies e o desenho de curvas de nível por computador. A geologia para engenheiros poderia incluir os métodos computacionais de correlação de variáveis para procura de minérios. E assim por diante.

8 GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

Com relação à graduação, esta deve garantir o mínimo, isto é, os conhecimentos básicos, que já foram suficientemente trabalhados e resistiram aos impactos do tempo, das novas teorias e da prática da engenharia. Sem formar o aluno no "espírito da engenharia" e sem lhe fornecer as ferramentas de trabalho, é inútil e até prejudicial querer transmitir conhecimentos novos e avançados mas ainda não totalmente assentados.

Muitas pesquisas e cursos avançados, plenamente satisfatórios na pós-graduação, não são adequados à graduação em função de sua pouca consolidação teórica, de seu caráter discutível ou de sua inviabilidade prática (em nosso país ou mesmo em nações mais adiantadas), em função da sofisticação de equipamentos ou da exigência de mão de obra especializada e dispendiosa.

Em termos simples e usando uma comparação de outrem, seria como querer adornar os alunos com esplêndidas jóias sem provê-los das roupas de baixo.

No entanto, todas as inovações coerentes, na topografia e em todas as demais áreas, têm seu foro de cidadania na pós-graduação. Estudos, pesquisas, modelos em construção, novos métodos, teorias de ponta, tudo

isso tem seu lugar em cursos panorâmicos ou monográficos. É graças a eles que os conhecimentos e as ciências progridem.

No início dos trabalhos, devido à carência de professores especializados habilitados a dar cursos, pode-se pensar em criar uma área comum abrangendo cadeiras afins que necessitam do mesmo ferramental de computação. Isso possibilitará o apoio mútuo, o intercâmbio de experiências, uma visão mais compreensiva do problema, antes da necessária especialização, que deve vir com o tempo. Esse embrião, oferecendo uma boa gama de cursos e criando uma boa biblioteca da área, possibilitará a formação de professores de graduação, de pesquisadores, a criação de equipes, a produção de trabalhos, teses e dissertações; tudo isso realimentando o processo. Naturalmente, como decorrência desse esforço, surgirão muitas contribuições a serem levadas à graduação.

9 CONCLUSÃO

A topografia comporta diversos enfoques que devem ser estipulados em função do perfil de profissional que desejamos formar: topógrafos, engenheiros, ou professores e pesquisadores em nível de pós-graduação. A reformulação do ensino dessa cadeira, para incorporar inovações instrumentais e metodológicas, deve ser feita de forma homogênea, preservando sua identidade e integrando-se numa reestruturação mais ampla envolvendo outras disciplinas.

APOIO A PROGRAMAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NAS FACULDADES DE ENGENHARIA PAULISTAS⁽¹⁾

Sergio Valdir Bajay *

BAJAY, Sergio Valdir. Apoio a programas de pesquisa e desenvolvimento nas Faculdades de Engenharia Paulistas. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 5(1):102-112 1º sem. 1986.

Os projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) na área de Engenharia são normalmente realizados nas empresas, nos institutos de pesquisa e nas universidades. No Brasil, a grande maioria destes projetos, mormente os de pesquisa, acabam sendo feitos no âmbito das universidades. Uma parte destes projetos não é financiada, contando apenas com a infra-estrutura disponível na universidade para sua realização; a existência de programas maduros de pós-graduação é uma componente essencial dessa infra-estrutura. Uma outra parte é financiada por órgãos governamentais de fomento a P&D e, em menor escala, por órgãos da administração direta. Finalmente uma terceira parcela recebe apoio de empresas, na sua maioria estatais. No presente trabalho se tecem considerações, de ordem qualitativa, com respeito aos diversos tipos de apoio que as escolas de Engenharia paulistas recebem, com sugestões quanto a possíveis melhorias neste apoio, consubstanciadas em políticas claras e integradas de fomento a P&D, na área de Engenharia, no Estado de São Paulo.

Fomento a programas de P&D. Ensino e pesquisa em Engenharia.

BAJAY, Sergio Valdir. Support to research and development programmes at the engineering faculties in the State of São Paulo. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 5(1):102-112, 1º sem. 1986.

The research and development (R&D) projects in the area of engineering are usually carried out at industry, research institutes and universities. In Brazil, the great majority of these projects, particularly research, are under the responsibility of universities. Part of these

(1) Trabalho apresentado no III Congresso de Associações de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado de São Paulo - Campinas, SP, novembro de 1984.

* Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual de Campinas.

projects receive no support other than the benefits accruing from the university common facilities; the existence of well-established post-graduate programmes is an essential component of this infra-structure. Another part is financed by R&D government agencies and, to less extent, by government administration bodies. Finally, a third part gets funds from industrial undertakings, mostly state-owned ones. Qualitative considerations concerning the several granting systems made available for the engineering schools in the State of São Paulo are put forward in this work. Also suggestions are made aiming at improving these systems, within a clear and integrated support policy for engineering R&D projects in the State of São Paulo.

Support to R&D programmes. Lecturing and research in engineering.

1 INTRODUÇÃO

Normalmente se entende por "pesquisa" uma atividade criadora associada com novas idéias, novas teorias, novos projetos, enquanto que "desenvolvimento" diz respeito a melhoramentos em teorias, projetos, etc., visando torná-los mais adequados, do ponto de vista técnico, econômico, social, etc., à realidade. Logo, o conceito de "pesquisa" antecede o de "desenvolvimento". Apesar desta aparente linearidade, na prática é bastante difícil determinar onde termina um e onde começa o outro; isto é particularmente verdadeiro para a área de engenharia. Em vista disto, no mundo inteiro, na última década, estabeleceu-se a denominação "pesquisa e desenvolvimento" (P&D) como um denominador comum nas discussões sobre fomento a qualquer uma dessas atividades. Ao longo deste texto se observará esta convenção.

Uma característica típica de projetos de P&D na área de engenharia é que raramente eles podem ser realizados só com o concurso de pesquisadores bem preparados e motivados, com disponibilidade de tempo para pesquisa, e com apoio moral de colegas. A existência de laboratórios e equipamentos apropriados, técnicos competentes e uma quantidade em geral significativa, em termos financeiros, de material de consumo é fundamental para viabilizar projetos envolvendo trabalho experimental. Mesmo nos projetos sem parte experimental, normalmente se requer o apoio de uma infra-estrutura mais elaborada, e por conseguinte mais dispendiosa, em termos, por exemplo, de facilidades computacionais avançadas. Até mesmo a demanda sobre a infra-estrutura administrativa costuma ser maior na área de engenharia, em comparação com outras áreas do conhecimento;

novamente, isto se traduz em custos mais elevados. Sintetizando, na área de engenharia não basta se ter bons pesquisadores para se obter bons resultados nos programas de P&D; investimentos significativos na criação e manutenção de uma infra-estrutura adequada são pré-requisitos indispensáveis.

Os projetos de pesquisa e desenvolvimento na área de engenharia são usualmente realizados em empresas públicas e privadas, institutos de pesquisa e universidades. Apesar da participação relativa dessas entidades variar espacialmente (de país para país) e temporalmente (ao longo dos anos), pode-se constatar facilmente que predomina nos países desenvolvidos (tanto capitalistas como socialistas) e participação das empresas e institutos de pesquisa, enquanto que nos demais países a maior parte dos projetos de P&D é realizada em universidades, quase sempre públicas. A pequena participação relativa dos institutos de pesquisas e, principalmente, das empresas na geração de tecnologia é um indicador clássico de subdesenvolvimento. Nos países eufemisticamente denominados "em desenvolvimento", como o Brasil, nota-se uma crescente contribuição das empresas públicas nos projetos de P&D, tanto realizando-as como apoiando a sua realização em universidades e institutos de pesquisa; a participação relativa das empresas privadas, no entanto, normalmente deixa muito a desejar.

Quando se tenta compreender a realidade em termos de pesquisa e desenvolvimento em um dado país ou região, a primeira coisa que se procura é uma relação de estatísticas sobre fundos destinados a este fim. Se, de um lado, sem dúvidas, trata-se de um indicador valioso (talvez realmente o primeiro a ser analisado), do outro lado, outros indicadores pertinentes devem ser consultados, caso contrário pode-se montar uma imagem distorcida dessa realidade. Por exemplo, o montante de recursos investidos em projetos de P&D em empresas estatais e institutos de pesquisa de países em desenvolvimento é frequentemente elevado; isto, no entanto, não necessariamente significa que a geração de tecnologia correspondente seja ampla e satisfatória. É comum que alguns poucos projetos, inseridos em programas governamentais prioritários, como por exemplo os programas nuclear e de prospecção de petróleo, no Brasil, absorvam a maior parte desses recursos, com resultados eventualmente importantes porém restritos.

O objetivo deste trabalho é modestamente contribuir para a ampla discussão que se faz necessária no sentido de se elaborar programas realistas e democráticos de fomento a projetos de P&D na área de engenharia no Brasil. Analisam-se no trabalho (de uma forma qualitativa) as diversas formas de apoio que as faculdades de engenharia paulistas dispõem para a realização de projetos de P&D, sugerindo-se possíveis melhorias neste apoio, consubstanciadas em políticas claras e integradas de fomento.

2 APOIO A PROGRAMAS DE P&D NA ÁREA DE ENGENHARIA, NAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS

Os projetos de P&D na área de engenharia, nas universidades brasileiras podem ser enquadrados em termos de apoio financeiro, em três categorias: (i) Projetos sem apoio financeiro direto, (ii) Projetos financiados por órgãos governamentais de fomento a P&D ou por órgãos da administração direta e (iii) Projetos realizados com apoio de empresas, estatais ou privadas. Cada uma dessas categorias, com características específicas bem definidas, é analisada sucintamente abaixo.

2.1 Projetos de P&D sem apoio financeiro direto

Estes projetos, por seu turno, podem ser de dois tipos:

- . Projetos que só dependem da infra-estrutura comum da faculdade,
- . Projetos que dependem diretamente da infra-estrutura de (outros) projetos específicos.

Este último caso é caracterizado pela existência de um ou mais "projetos centrais", financiados diretamente, com infra-estruturas próprias compartilhadas com um certo número de "projetos periféricos", sem apoio financeiro direto.

Se observa nas universidades brasileiras que um pré-requisito básico para uma boa produção, em termos de quantidade e qualidade, dos projetos de P&D sem financiamento direto, na área de engenharia, é a existência de programas maduros de pós-graduação nesta área. Logo, esta produção depende substancialmente da eficácia dos programas de fomento à pós-graduação (apoio institucional, bolsas de pós-graduação, etc.) nas faculdades de engenharia.

2.2 Projetos financiados por órgãos governamentais de fomento a P&D ou por órgãos da administração direta

Tanto os órgãos de fomento como os órgãos da administração direta são ligados ou ao governo federal ou aos governos estaduais.

Na área de engenharia, o principal órgão de fomento ligado ao governo federal, no caso a Secretaria de Planejamento da Presidência da República (SEPLAN), é a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ligado à SEPLAN, também financia projetos de P&D na área de engenharia, porém com um aporte de recursos bem menor que a FINEP. O montante médio de recursos do CNPq por projeto é relativamente baixo frente às necessidades usuais dos projetos da área de engenharia, o que faz com que a participação do CNPq nesta área seja reduzida. Ressalte-se, entretanto, que as bolsas de pesquisador fornecidas pelo CNPq a professores-pesquisadores das universidades brasileiras constituem um elemento altamente positivo de fomento a P&D nestas instituições.

Vários estados da federação possuem órgãos próprios de apoio a projetos de P&D. Em São Paulo tem-se a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), com atuação restrita na área de engenharia em vista do montante médio de recursos por projeto ser reduzido. Há também a Companhia de Promoção de Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de São Paulo (PROMOCET), ligada à Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, que financia projetos de P&D, na área de engenharia, que apresentem, "a priori", viabilidade comprovada de aplicação industrial. Exige-se, inclusive, uma análise custo/benefício, no pedido de financiamento.

Neste contexto, a denominação órgãos da administração direta refere-se aos órgãos governamentais cujas atribuições não prevêm como atividade regular o fomento à pesquisa, mas que ocasionalmente financiam tal tipo de projetos. Em geral, este financiamento está ligado a programas governamentais considerados prioritários. Como exemplo, pode-se citar o envolvimento da Secretaria de Tecnologia Industrial (STI) do Ministério da Indústria e Comércio (MIC) no financiamento de projetos de P&D relacionados ao Programa Nacional do Alcool (PRÓ-ÁLCOOL) e ao Programa de Conservação de Energia no Setor Industrial (CONSERVE).

Em termos de montante de recursos, os provenientes dos órgãos de fomento federais (particularmente a FINEP) tem sido bem mais significativos na área de engenharia que os provenientes dos órgãos estaduais. Quanto aos órgãos da administração direta, a sua contribuição, que também é maior na área federal, varia de acordo com a ênfase dada aos diversos programas governamentais prioritários, já mencionados.

Os órgãos governamentais de fomento a P&D e os órgãos da administração direta são obviamente os instrumentos mais poderosos que o governo federal e os governos estaduais dispõem para atuar rapidamente e de uma forma decisiva nos rumos da geração nacional de tecnologia e, particularmente, no quinhão que cabe às universidades. Políticas adequadas para estes órgãos constituem, portanto, as condições primeiras para o sucesso de programas de desenvolvimento tecnológico.

2.3 Apoio de empresas

Para se entender o apoio que as empresas oferecem às faculdade de engenharia brasileiras é necessário realizar uma análise por tipos de empresas. Em primeira instância, estas podem ser estatais ou privadas. As últimas, por seu turno, podem ser subdivididas em empresas multinacionais, empresas nacionais de grande porte, e pequenas e médias empresas. A realidade, em termos de apoio a projetos de P&D, é razoavelmente diferente em cada uma dessas categorias de empresas. Políticas de fomento a P&D devem, portanto, ser específicas para cada uma delas.

Sem a menor sombra de dúvida, a categoria das empresas estatais é a que mais contribui, entre as empresas, para a geração de tecnologia nacional, inclusive em termos de apoio a programas de P&D nas faculdades de engenharia brasileiras. Neste último aspecto, algumas empresas como a TELEBRÁS e o Banco do Brasil (através do Fundo de Incentivo à Pesquisa Técnico Científica - FIPEC) tem tido uma atuação exemplar; formaram-se excelentes grupos de pesquisa, que têm obtido resultados de alto nível. Há, no entanto, bastante escopo para desenvolvimento posterior. Muitas estatais de importância têm oferecido pouco ou nenhum apoio.

Em relação à maioria das estatais que geram tecnologia internamente, há a necessidade de definições sobre o que é mais conveniente ser pesquisado internamente e o que deve ser apoiado em institutos de pesquisa

externos e universidades. Os casos da ELETROBRÁS e da PETROBRÁS são típicos. Em comparação com as alternativas, os projetos de pesquisa, na área de engenharia, são normalmente realizados nas universidades a um custo bem menor; no entanto, os riscos envolvidos são em geral maiores. Por conseguinte, para estas empresas, é vantajoso apoiar nas universidades os projetos de pesquisa (mas freqüentemente não os de desenvolvimento) envolvendo soluções tecnológicas substancialmente inovadoras em relação às práticas correntes e cujos resultados podem ser apresentados a médio ou longo prazo.

As empresas privadas multinacionais são em geral bastante eficientes na geração, interna ou externa (apoio a programas de P&D) fora da empresa), de tecnologia. O problema é que a maioria avassaladora deste trabalho criativo normalmente ocorre nos países de origem destas empresas. Cabe aos governos dos países que as recebem emitir legislação que incentive a geração local de tecnologia. No caso brasileiro, este papel pertence prioritariamente ao legislativo federal.

Também há trabalhos de P&D nas empresas nacionais de grande porte, porém em quantidade e qualidade bem inferiores ao que seria desejável para se adquirir uma razoável independência tecnológica no setor. Estes trabalhos em geral se desenvolvem de uma forma excessivamente empírica, o que limita a formação de um "know-how" mais sólido. O apoio dessas empresas a projetos de P&D nas faculdades de engenharia brasileiras tem sido bastante limitado, com algumas honrosas exceções. Isto se dá aparentemente por dois motivos principais. O primeiro é que, desde longa data, têm havido incentivos, econômicos, financeiros e até culturais, para a importação de tecnologias, seja diretamente, através de licenças, seja pela formação de "joint-ventures", onde o parceiro estrangeiro entra com o "know-how" e parte do capital. Isto sem falar dos muitos casos de reprodução pura e simples de tecnologia estrangeira. O segundo motivo é que estas empresas não têm tradição de investir em projetos formais de P&D, mormente nas escolas de engenharia. Muitos empresários só esperam que a universidade forneça, a custo zero, resultados úteis de pesquisas (financiadas, por exemplo, por órgãos governamentais de fomento), enquanto que outros julgam o pesquisador acadêmico, teórico demais frente às necessidades pragmáticas de uma empresa que procura maximizar o lucro. O apoio dessa categoria de empresas pode ser melhorado tanto

através de legislação, federal ou estadual, que reverta a tendência atual, ou seja, incentive o desenvolvimento de tecnologia nacional, como através de uma maior aproximação entre empresários e pesquisadores acadêmicos. Esta última medida poderá destruir os muitos mitos e desconfianças mútuas que hoje dificultam um trabalho conjunto tão importante para a emancipação tecnológica do setor privado brasileiro.

A geração interna de tecnologia e o apoio a programas de P&D em institutos de pesquisa e universidades é inexistente por parte das empresas privadas de pequeno e médio porte. A reversão de tal situação, no entanto, é imperativa, dada a importância do fortalecimento dessa categoria de empresas em qualquer programa realista de desenvolvimento para o Brasil. Esta categoria, por exemplo, é a que possui o maior potencial de criação de empregos. Requerem-se para esta reversão as mesmas medidas mencionadas no caso anterior. Devido à pulverização de muitas dessas empresas e ao relativamente baixo poder econômico de cada empresa, o diálogo empresa-escola, com a conseqüente realização de convênios de P&D, deve ser efetuado gradualmente, através da interveniência das associações patronais correspondentes; isto poderá melhorar substancialmente a atratividade econômica dos empreendimentos.

3 O CASO DAS FACULDADES DE ENGENHARIA PAULISTAS

É claro que tudo o que foi mencionado para as faculdades de engenharia brasileiras vale para o caso paulista. Há, no entanto, algumas especificidades que valem a pena ser destacadas.

Nos últimos oito anos a dotação de verbas do governo estadual para as universidades estaduais paulistas tem sido muito aquém das necessidades para um funcionamento adequado, mormente nas faculdades de engenharia. Isto tem causado uma deterioração marcante na infra-estrutura dessas faculdades, com sérios reflexos na quantidade e qualidade de pesquisas realizadas. Obviamente, o fortalecimento dessa infra-estrutura, via uma criteriosa injeção de recursos do governo estadual, é um pré-requisito básico para um avanço substancial nos projetos de P&D dessas faculdades.

O aporte de recursos do governo do "estado mais rico do Brasil" tem sido a justificativa utilizada para o diminuto apoio institucional da

Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES), do CNPq e da FINEP aos programas de pós-graduação das faculdades de engenharia paulistas estaduais. Esta justificativa é complementamente infundada, na medida que as verbas do governo estadual, conforme mencionado acima, têm sido escassas. Além disso, essas faculdades têm tido uma participação substancial na formação de pós-graduação de docentes de nível superior de todo o Brasil (Programa Institucional de Capacitação de Docentes - PICD, da CAPES), sem uma retribuição na forma de apoio material por parte desses órgãos federais. Só recentemente a CAPES passou a dar algum apoio institucional às escolas de engenharia paulistas estaduais, porém de uma forma ainda incipiente.

Clientelismos e má-gestão freqüentemente têm canalizado recursos federais de apoio institucional para escolas de engenharia sem atividades de P&D que possam utilizar de forma adequada esses recursos, enquanto que diversas faculdades de engenharia paulistas têm conseguido uma razoável produção técnico-científica, apesar das condições desfavoráveis de sua infra-estrutura. Sem deixar de se apoiar, na devida medida, escolas de menor importância no cenário nacional ou regional, é desejável que a alocação dos recursos para a infra-estrutura de apoio a pós-graduação seja feita de forma proporcional aos benefícios, em termos de desenvolvimento científico e tecnológico, que se estimam ocorrer em cada caso.

No que diz respeito ao apoio da FINEP a projetos específicos de P&D nas escolas de engenharia paulistas, observam-se os seguintes problemas:

- (i) Há uma excessiva burocracia e muita morosidade no trâmite dos pedidos de financiamento;
- (ii) As verbas disponíveis têm sido insuficientes frente aos pedidos de financiamento de projetos promissores;
- (iii) Já ocorreram mudanças drásticas e repentinas nas prioridades da FINEP, com o conseqüente desmantelamento de grupos de pesquisa altamente qualificados.

Com verbas adicionais e um melhor planejamento é possível se resolver facilmente esses problemas.

Conforme já foi mencionado, os principais órgãos de fomento a projetos de P&D, ligados ao governo do Estado de São Paulo, são a FAPESP e o PROMOCET. Tal qual o CNPq, a FAPESP só apóia projetos que envolvem

pequeno aporte de recursos. A PROMOCET, por seu turno, só apóia projetos com comprovada viabilidade industrial (relação benefício/custo favorável). No entanto, a maioria dos projetos de P&D na área de engenharia não se enquadra em nenhum dos casos acima. Logo, há a necessidade premente de se definirem novos papéis para a FAPESP e para o CNPq nesta área. As especificidades dos projetos de P&D na área de engenharia justificam um tratamento diferenciado.

Também já foi mencionado que as empresas estatais que geram tecnologia internamente precisam definir com clareza o que deve ser pesquisado internamente e o que deve ser apoiado em institutos de pesquisa e universidades. As empresas de energia do governo do Estado de São Paulo (CESP, CPFL, ELETROPAULO e CONGÁS) poderiam dar o exemplo. Há também a necessidade de se acabar com o mito, comum entre alguns empresários do setor estatal, que as pesquisas apoiadas em escolas de engenharia são a fundo perdido, com resultados bastante incertos, e que, por conseguinte, o seu financiamento deve ser encarado como "dáviva" a ser distribuída a certas escolas de preferência pessoal desses empresários. Um projeto de P&D bem planejado e executado nunca é a "fundo perdido"; o retorno posterior freqüentemente apresenta grandes vantagens. Este é o caso de boa parte dos projetos desenvolvidos nas faculdades de engenharia paulistas. Quanto ao tipo de clientelismo acima referido, é desnecessário frisar o mal que pode causar ao processo de criação de tecnologia.

Se, de um lado, o legislativo paulista pouco pode fazer em relação ao estabelecimento de leis que incentivem a geração local de tecnologia por parte das empresas multinacionais (tarefa que cabe primordialmente ao legislativo federal), do outro lado, a sua atuação pode ser marcante, neste aspecto, em relação às empresas privadas nacionais de pequeno, médio e grande porte, respeitando-se as suas especificidades. O governo do Estado de São Paulo também pode ter um papel relevante na promoção de uma maior aproximação entre empresários privados e pesquisadores acadêmicos, dentro de um programa global de fomento a P&D no Estado.

4 A NECESSIDADE DE POLÍTICAS INTEGRADAS DE FOMENTO A P&D NAS FACULDADES DE ENGENHARIA PAULISTAS

Nas seções anteriores foi visto que o governo do Estado de São Paulo

research lines. The attained results are not merely reproductions of know data, stimulating the interest of students and also professors involved.

Biochemical Engineering. Laboratory Instruction.

1 INTRODUÇÃO

A formação do engenheiro químico se inicia com disciplinas básicas de química, física e matemática, às quais se seguem as disciplinas de fundamentos de engenharia química. Finalmente existem as disciplinas de aplicação, nas quais se imagina utilizar os conhecimentos prévios adquiridos em setores específicos da engenharia química.

É neste último segmento que se situa a disciplina de Engenharia Bioquímica. Para cursá-la os alunos devem inicialmente cursar uma disciplina versando sobre microbiologia, bioquímica e enzimologia, seguindo-se então a disciplina de Engenharia Bioquímica teórica e de laboratório.

A disciplina de Engenharia Bioquímica tem como objetivo descrever as várias operações unitárias envolvidas em uma indústria, que tenha como operação principal um processo fermentativo qualquer. Examinam-se os aspectos teóricos envolvidos nessas operações e busca-se chegar ao seu dimensionamento. Assim, não há preocupação em se descrever detalhadamente processos fermentativos, mas em se fazer um exame do que há de comum entre eles.

No presente artigo pretendemos divulgar a forma com que estamos lecionando a disciplina de Engenharia Bioquímica, em sua parte de laboratório.

2 CARACTERÍSTICAS DE UM PROCESSO FERMENTATIVO

Para que as considerações que seguem possam ser entendidas, convém ter alguns comentários sobre as características de um processo fermentativo, assim como a respeito das dificuldades para elaboração de aulas práticas.

A ação de um microorganismo sobre um substrato determinado, produzindo um certo produto de interesse comercial, sofre a influência de um

número enorme de variáveis. Deve-se, logo de início, lembrar que apenas a obtenção de um produto não significa interesse industrial imediato, mas este ocorre quando se pode obter elevadas concentrações da substância, com baixos resíduos da matéria-prima (alta conversão), utilizando-se ao longo do processo materiais de baixo custo. Além disso, os tempos envolvidos no processo fermentativo devem ser relativamente curtos (altas produtividades), especialmente quando se opera em condições obrigatórias de assepsia.

Assim a escolha adequada do microorganismo, meio de cultura e processo envolvido são de fundamental importância.

Na Figura 1 indicamos o esquema simplificado de um processo fermentativo genérico [1], onde estas etapas são indicadas.

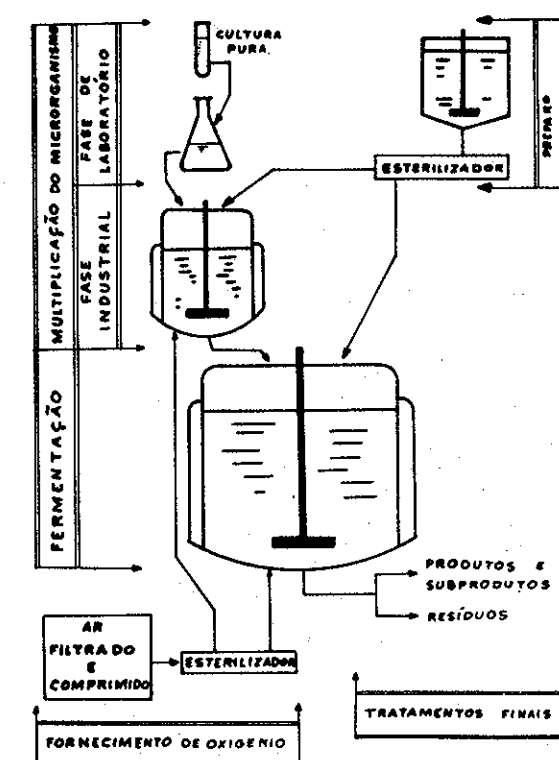


Figura 1 - Processo fermentativo industrial genérico.

Apesar de serem fases interdependentes, uma vez feita a escolha de um certo microorganismo e meio de cultura, resta ainda uma quantidade enorme de variáveis que necessitam de otimização ao nível de processo. Assim,

a escolha de um melhor valor para o pH, temperatura, concentração de substrato, nível de oxigênio dissolvido, etc., são de igual importância. Além destas, a forma de operar o reator (fermentador), que pode ser descontínua, contínua, etc., pode também contribuir para tornar viável economicamente um determinado processo fermentativo.

As aulas de laboratório devem, portanto, buscar abordar alguns desses pontos, evidentemente como exemplos específicos e realçar a importância do aspecto abordado, lembrando que outros aspectos poderiam ser tão decisivos quanto estes.

3 ESQUEMA IMPLANTADO PARA AS AULAS DE LABORATÓRIO

Tendo em vista as características acima enunciadas e acrescentando-se que é muito raro se ter processos fermentativos que apresentem um tempo de duração muito inferior a 24 horas, decidiu-se, há algum tempo, estabelecer uma "semana de fermentação", tal que se agrupem a maioria das aulas práticas do semestre.

Durante esta semana os alunos são dispensados das demais atividades e ficam, desta forma, à disposição do Laboratório de Bioquímica.

O que se faz é eleger um certo tema, que esteja sendo desenvolvido em nossos laboratórios, expondo, no início da semana, os resultados já alcançados. Mediante esta exposição se conduz o aluno a entender o conjunto de ensaios que se irá fazer durante a semana, procurando avançar nos conhecimentos na área escolhida.

Trata-se, portanto, de efetuar um conjunto de ensaios, cujos resultados não são conhecidos previamente, tendo-se apenas hipóteses de partida que poderão, ou não, serem confirmadas.

Trata-se de experiência nova para os alunos, que participam de uma etapa do desenvolvimento de um processo, ficando claro que muitos outros fatores podem interferir, além daqueles que estão sendo examinados.

O acompanhamento de uma determinada fermentação é realizado, tomando-se amostras a intervalos regulares (cada 2 horas ou 3 horas de ensaio, contadas a partir do instante em que se introduz o microrganismo responsável no fermentador contendo o meio de cultura em estudo). Estas amostras são submetidas a rotinas analíticas para determinações quantitativas

de certas grandezas de importância para o processo.

A fim de evitar problemas, durante a semana de fermentação, os alunos são treinados nas rotinas analíticas em aulas prévias, o que permite uma maior desenvoltura, durante a execução dos ensaios.

Convém ainda mencionar que o acompanhamento dos ensaios é realizado de forma ininterrupta, através da distribuição dos alunos e docentes em turnos, o que contribui também para que ocorram discussões em torno dos temas em estudo.

Ao final da semana os resultados obtidos são reunidos, promovendo-se uma ampla discussão com os alunos e docentes envolvidos. Neste instante procura-se verificar se as hipóteses formuladas foram confirmadas, bem como busca-se chegar a uma nova sequência de ensaios para futuros trabalhos práticos.

A avaliação dos alunos no curso é efetuada mediante uma constante observação do desempenho e participação de cada um, tanto ao longo das aulas prévias, como durante a execução dos ensaios na semana. Finalmente os alunos respondem a um questionário, especialmente voltado para uma verificação da compreensão dos objetivos dos ensaios e das conclusões obtidas.

4 EXEMPLOS DE OBJETIVOS E RESULTADOS ALCANÇADOS

No presente trabalho não pretendemos descrever com minúcias os objetivos e resultados obtidos. Procuraremos sintetizar os principais dados obtidos, sem apresentar a discussão completa, apenas exemplificar o que foi mencionado anteriormente.

4.1 Influência da Concentração Inicial de Amido na Produção de Amiloglicosidase por *Aspergillus*

A amiloglicosidade ou glicoamilase é a enzima necessária para a hidrólise do amido, com a liberação de glicose no meio.

Esta enzima é produzida industrialmente por *Aspergillus*, cultivado em aerobiose em meio de cultura contendo amido. Desta forma, a presença do polissacarídeo age como indutor da síntese da enzima sendo, portanto, a sua concentração no início de uma fermentação de grande importância.

Se o polissacarídeo é necessário para a indução da síntese, deve-se lembrar que ele, para ser consumido, é hidrolisado no fermentador a glicose. Esta pode também exercer efeito repressivo, de forma que elevadas quantidades de amido no início, podem trazer problemas inibitórios em virtude da elevada concentração de glicose. Além disso, a oferta em grandes quantidades da fonte de carbono, traz também como consequência uma maior proliferação celular, o que incide na possibilidade de se ter oxigênio dissolvido no meio em quantidades limitantes.

Na Figura 2 apresentamos apenas os valores das atividades enzimáticas em função do tempo, quando cultivamos o *Aspergillus awamori* NRRL 3112 em meio de cultura contendo polissacarídeo (expresso como açúcar redutor total) nas concentrações aproximadas de 20, 40 e 80g/l.

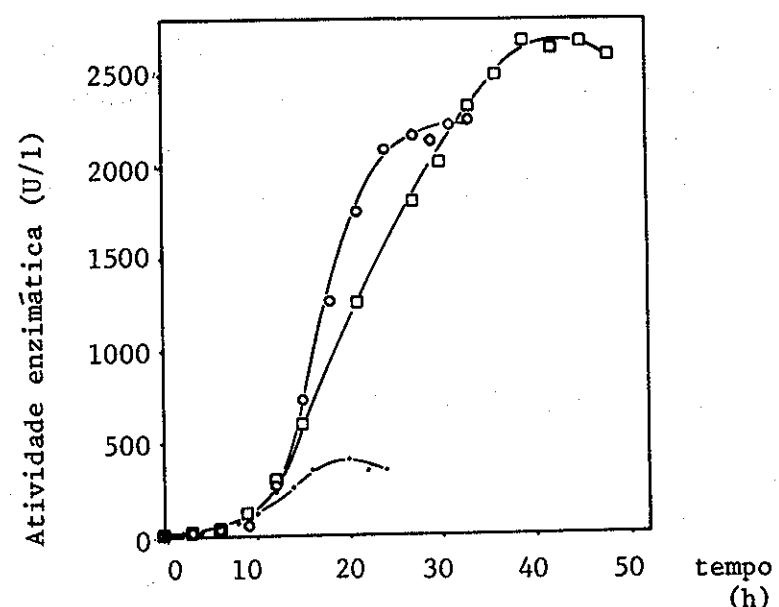


Figura 2 - Atividade enzimática em função do tempo durante cultivos descontínuos de *Aspergillus awamori* NRRL 3112, com $S_0 = 20$ (•), 40 (○) e 80 g/l (□) (pH=4,0; temperatura 35°C, agitação: 700 r.p.m.; aeração: 10 l ar/min, volume de meio 10 l, sobre pressão: 0,2 atm).

Como se observa ao ampliarmos a concentração de 20 (vinte) para 40g/l, houve um aumento acentuado na atividade do caldo. A ampliação para 80g/l, apesar de significar ainda um aumento da atividade para os instantes finais, não provocou um aumento tão significativo como o observado anteriormente.

Deixando de lado as demais discussões, sobre as concentrações de oxigênio dissolvido e glicose que foram determinadas, os resultados indicados na Figura 2 nos levariam a propor as concentrações mais elevadas de polissacarídeo no instante inicial.

No entanto, se analisarmos os valores indicados na Tabela 1, observa-se que se obtém produtividade maior quando se utiliza 40g/l, bem como maior valor para o rendimento da transformação ($y_{p/s}$). A única vantagem, em se operar com 80g/l, seria a de se obter um caldo fermentado mais rico em enzima, o que simplificaria a operação de recuperação do produto.

Tabela 1 - Comparação entre os ensaios descontínuos realizados com *Aspergillus awamori* NRRL 3112, com $S_0 = 20, 40$ e 80 g/l

Característica	Ensaio com $S_0 = 20\text{g/l}$	Ensaio com $S_0 = 40\text{g/l}$	Ensaio com $S_0 = 80\text{g/l}$
Tempo de cultivo (final da fonte de Carbono)- t_f (h)	16	27	39
Concentração Celular (X_f) em t_f (g/l)	9,0	13,8	12,9
Pico da Atividade (A_f)/Instante (t'_f) (u/l) (h)	411/20	2170/27	2690/39
Produtividade em Células t_f (1) (g/l.h)	0,56	0,51	0,32
Produtividade em enzima em t'_f (2) (u/l.h)	20	80	68,4
Fator de conversão substrato (s) a células em t_f ($Y_{x/s}$)(3)	0,43	0,31	0,17
Fator de conversão substrato (s) a enzima em t'_f ($Y_{p/s}$)(4)	20	50	34,8

$$(1) \frac{X_f - X_0}{t_f}$$

$$(3) Y_{x/s} = \frac{X_f - X_0}{S_0 - S_f}$$

$$(2) \frac{A_f - A_0}{t'_f}$$

$$(4) Y_{p/s} = \frac{A_f - A_0}{S_0 - S_f}$$

o - Concentração Inicial
f - Concentração Final

Estes resultados foram utilizados em nossos trabalhos de pesquisa, pois com eles já se estabeleceram limites importantes em termos de concentrações e atividades máximas.

4.2 Influência da Concentração Inicial de Levedura e da Quantidade de Amiloglicosidase Adicionada na Hidrólise e Fermentação Alcoólica de Farinha de Raspa de Mandioca

Conforme já salientamos a glicoamilase é a enzima responsável pelo desdobramento do amido em glicose, açúcar este possível de ser convertido a etanol pelo *Saccharomyces Cerevisiae*. Esta é a seqüência de reações que se utiliza para a produção de etanol, a partir de matérias-primas amiláceas como a farinha de mandioca.

Ocorre que, nas condições normalmente empregadas, para se obter concentrações de etanol no caldo fermentado entre 60 e 70 g/l, parte-se de 150 a 160g amido/l e permite-se que a hidrólise ocorra simultaneamente à fermentação alcoólica, em um processo que leva cerca de 72 horas. Ora, quando se imagina uma matéria-prima açucarada (diretamente fermentável), obtêm-se igual concentração de etanol em apenas 12 a 15 horas, observando-se, portanto, produtividades muito superiores.

Numa tentativa de melhorar as velocidades do processo, que emprega matéria-prima amilácea, efetuaram-se os ensaios indicados nas Figuras 3, 4 e 5. Como se nota, no Ensaio nº 2, empregou-se 4 vezes mais levedura, no instante inicial, do que no Ensaio nº 1 e a mesma quantidade de amiloglicosidase. No Ensaio nº 3, além de ampliar-se a quantidade de levedura, dobrou-se a quantidade de amiloglicosidase.

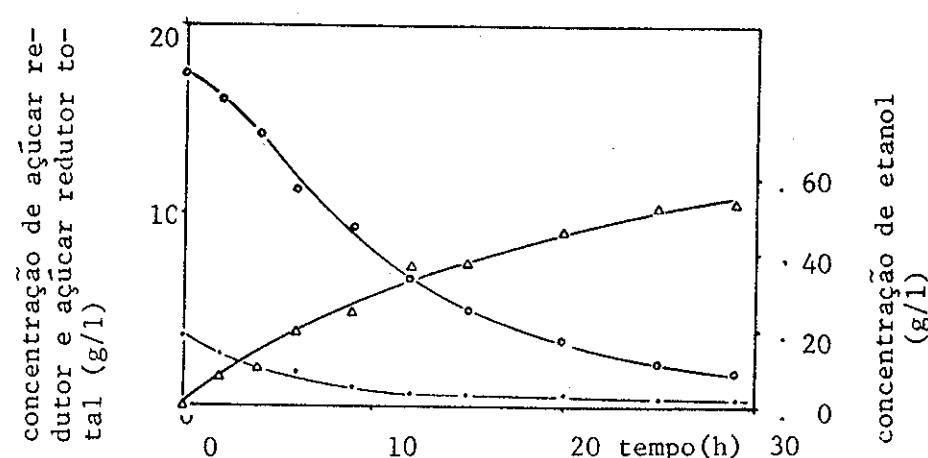


Figura 3 - Variação da concentração de açúcar redutor (•), açúcar redutor total (○) e etanol (Δ) em função do tempo durante o Ensaio nº 1 (hidrólise e fermentação simultâneas desde o início usando 10g de fermento aprensado/l).

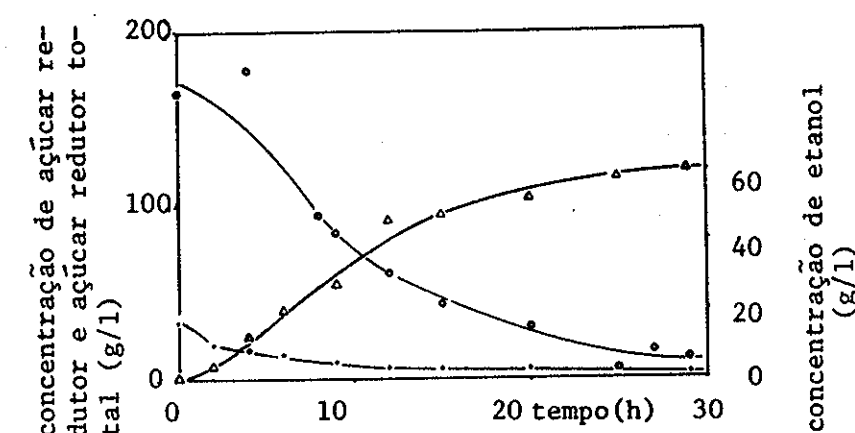


Figura 4 - Variação da concentração de açúcar redutor (•), açúcar redutor total (○) e etanol (Δ) em função do tempo durante o Ensaio nº 2 (hidrólise e fermentação simultâneas desde o início usando 40g de fermento prensado/l).

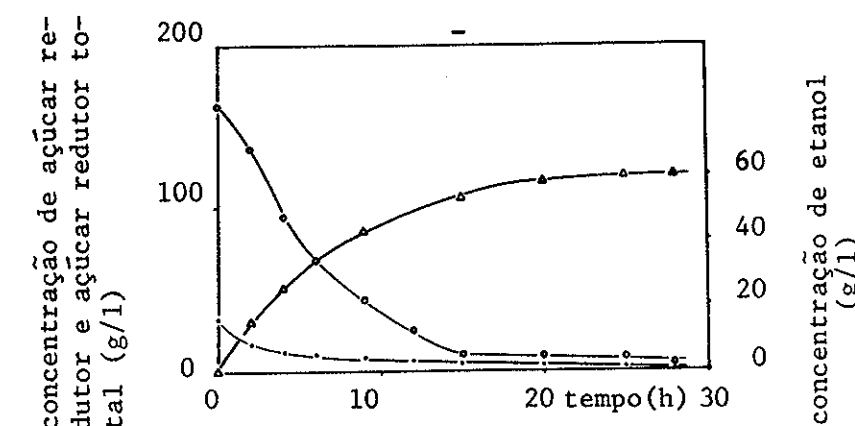


Figura 5 - Variação da concentração de açúcar redutor (•); açúcar redutor total (○) e etanol (Δ) em função do tempo durante o Ensaio nº 3 (hidrólise e fermentação simultâneas desde o início usando 40g de fermento prensado/l e o dobro de amiloglicosidase em relação aos demais ensaios).

Se observarmos conjuntamente essas três figuras, pode-se perfeitamente constatar que o aumento da concentração de levedura, não aumenta a velocidade do processo, indicando que o limitante não é a ação da levedura, mas está na reação de hidrólise efetuada pela glicoamilase.

Assim, quando se dobrou a quantidade de glicoamilase o tempo de processamento diminuiu muitíssimo, caindo para valores da ordem de 16 horas, muito próximo aos tempos mencionados para as matérias-primas açucaradas.

Na Tabela 2 reunimos os principais resultados, destacando-se o interesse em se ampliar a quantidade de amiloglicosidase, lembrando que o custo da enzima incide pouco no preço do litro de etanol produzido.

Tabela 2 - Resumo dos principais resultados obtidos nos ensaios de hidrólise enzimática e fermentação alcoólica de farinha de rapa de mandioca

Característica	Ensaio nº 1	Ensaio nº 2	Ensaio nº 3
Concentração inicial de levedura (g/l)	10	40	40
Quantidade de amiloglicosidase (% v/v)	0,03	0,03	0,06
Tempo de sacarificação mais fermentação (h)	29	27	16
Rendimento da hidrólise (1) %	89	93	94
Rendimento da fermentação (2) %	67	72	71
Produtividade (3) (g/l.h)	1,9	2,2	3,5

$$(1) \frac{ART_i - ART_f}{ART_i} \times 100$$

$$(3) \frac{(Etanol)_f}{tempo}$$

$$(2) \frac{(Etanol)_f}{0,511(ART_i - ART_f)} \times 100$$

i - Concentração Inicial
f - Concentração final
ART - Açúcar redutores totais

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

É evidente que se busca imaginar assunto para este tipo de aula de laboratório, dentro de nossas linhas atuais de pesquisa, para as quais o grupo de docentes que dela participa tem sensibilidade e enorme interesse.

O fato de todo o grupo (alunos e docentes) não conhecerem exatamente o que irá ocorrer, traz uma motivação especial, sendo que não julgamos que este estilo seja apenas limitado à nossa área de Engenharia Bioquímica. Conforme já salientado é uma maneira interessante do aluno participar

do desenvolvimento de um processo, assunto este que deveria ser melhor exemplificado ao longo do curso de Engenharia Química.

Cumpramos salientar que os resultados que temos obtidos, tem sido utilizados não apenas para ilustrar aulas para os alunos de anos seguintes, mas também para elaborarmos publicações ou comunicações em congressos [2], o que novamente traz bastante motivação e interesse para alunos e docentes.

Ainda outro ponto a mencionar é que, ao final da semana de ensaios e terminada a avaliação dos alunos, procura-se solicitar a eles que efetuem uma avaliação do laboratório que participaram. Neste sentido temos recebido inúmeras manifestações positivas e sugestões para aumentar a participação do aluno o que, sem dúvida, reflete o nível de interesse que acaba sendo alcançado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Borzani, W. & Falcone, M. "Curso de Bioquímica Industrial". Volume I, São Paulo (1960), p.267.
- [2] Schmidell, W.; Aboutboul, H.; Facciotti, M.C.R.; Maeda, M. "Estudo de algumas variáveis na Hidrólise e fermentação Alcoólica de Farinha de Mandioca". Anais do VI Congresso Bras.de Eng.Química, p.461 a 473. Campinas, de 15 a 18 de julho de 1984.