

# **abenge**

**Revista de Ensino de Engenharia**

# **abenge**

**Nº 17**



## DIRETORIA DA ABENGE:

(Gestão 96/98)

### Presidente

Prof. DANILO AMARAL (UFMG)

### Vice-Presidente

Prof. PEDRO LOPES DE QUEIROS (UFRN)

### Vice-Presidente

Prof. FRANCIS BOGOSSIAN (UVA)

### Diretor Secretário

Prof. IVO BRAND (UFPR)

### Diretor Financeiro

Prof. LUIZ DE OLIVEIRA XAVIER (USJT)

## CONSELHO FISCAL

### Efetivos

Prof. CARLOS PRESTES CARDOSO (UFF)

Prof. DALTON RUBENS MAIURI (FEI)

Prof. DJALMA FRANCISCO CARVALHO (PUC-MG)

### Suplentes

Prof. FREDMARCK GONÇALVES LEÃO (EFEI)

Prof. BENEDITO AGUIAR NETO (UFPP)

Prof. JOSÉ JAIRO ARAÚJO DE SOUZA (UFF)

## CONSELHO EDITORIAL

Prof. ADEMIR MONTES FERREIRA

Prof. AÉCIO FREITAS LIRA

Prof. AFONSO HENRIQUES DE BRITO

Prof. ALESSANDRO LA NEVE

Prof. ANA REGINA T. FERREIRA TELES

Prof. ANTÔNIO DE OLIVEIRA

Prof. ANTONIO LOMBARDO

Prof. ANTÔNIO PEDRO FERREIRA SOUZA

Prof. BENEDITO AGUIAR NETO

Prof. CARLOS PRESTES CARDOSO

Prof. CÉSAR ZANCHI DAHER

Prof. CLÁUDIO DA ROCHA BRITO

Prof. DANILO AMARAL

Prof. EDSON BAPTISTA

Prof. EDUARDO CAMILHER DAMASCENO

Prof. ERNESTO DA SILVA PITOMBEIRA

Prof. HENRIQUE HIRSCHFELD

Prof. JOÃO BOSCO LAUDARES

Prof. JOÃO DOMINGOS BIAGI

Prof. JOÃO SÉRGIO CORDEIRO

Prof. JOSÉ JAIRO ARAUJO DE SOUZA

Prof. JOSÉ LUIZ DA SILVA JÚNIOR

Prof. LUÍS CARLOS SCARVADA DO CARMO

Prof. MARCIUS F. GIORGETTI

Prof. MÁRIO NETO BORGES

Prof. OSVALDO LUIZ VALENOTE

Prof. PAULO CÉZAR DOS SANTOS

Prof. RAIMUNDO FERREIRA IGNÁCIO

Prof. RONALDO TADEU PENA

Prof. RU'Y CARLOS DE CAMARGO VIEIRA

Prof. SILVIA COSTA DUTRA

Prof. VALDER STEFFEN JÚNIOR

Prof. WALTER ANTÔNIO BAZZO

UFPP

UFMG

UFRJ

FEI

UFBA

IMT

F.E.Itauna

UFPP

UFPP

UFF

PUC-PR

USP

UFMG

UFES

USP

UFCE

FAAP

CEFET-MG

UNICAMP

UFSCAR

UFF

UFRN

PUC-RJ

USP-SC

FUNREI

UFG

UMC

FAAP

UFMG

USP

UNISINOS

UFU

UFSC

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	2
OS ENSINAMENTOS DA REENGENHARIA E OS REENGENHEIROS .....	3
SELEÇÃO, LEITURA E INTERPRETAÇÃO DE UM ARTIGO TÉCNICO-CIENTÍFICO .....	8
UMA DEFINIÇÃO FORMAL PARA A ENGENHARIA ..	11
NOVOS PRINCÍPIOS E CONCEITOS DO PROJETO CURRICULAR PARA CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA .....	19
A DINÂMICA NA ENGENHARIA MECÂNICA .....	27
A ESTRATEGIA DA AÇÃO CONSORCIADA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE PLANOS SETORIAIS EM ESCOLAS DE ENGENHARIA .....	36
ESTRUTURA E FILOSOFIA DO PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO INTERDISCIPLINAR EM ENGENHARIA DA UFF .....	40
CONHEÇA UMA DAS INSTITUIÇÕES ASSOCIADAS ....	45
ORIENTAÇÃO AOS AUTORES .....	47

## Revista de Ensino de Engenharia

Nº 17 - Junho de 1997  
ISSN 0101 - 5001

ABENGE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO DE ENGENHARIA

Av. W3 Norte - Quadra 516 - Bloco "A"  
CEP 70770-515 - Brasília - DF

Tel.:(061) 347-0773 - Fax:(061) 272-2661

e-mail: abenge@tba.com.br

### EDITOR RESPONSÁVEL

Prof. JOSÉ JAIRO ARAÚJO DE SOUZA (UFF)

### PRESIDENTE DO CONSELHO EDITORIAL

Prof. DANILO AMARAL (UFMG)

### Impressão

Gráfica Corrêa

### Diagramação e Editoração Eletrônica

Infograf Ltda

Tiragem: 2.000

### Distribuição

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

APOIO: CONFEA - Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia



## Apresentação

A ABENGE tem consciência de que o fortalecimento da REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA é uma das mais importantes formas de contribuição para a melhoria do Ensino de Engenharia no Brasil.

Divulgar à nossa comunidade os trabalhos de qualidade desenvolvidos na área do ensino, por nossos colegas, tem valor inestimável para o desenvolvimento e aprimoramento de nossas instituições.

Para isso, a colaboração do Conselho Editorial, composto de ilustres Professores de notório saber e grande reputação em nosso meio, tem sido fundamental para o êxito de nosso trabalho.

Entretanto estamos cientes de que outros fatores influenciam o sucesso da Revista. Manter a periodicidade é também, de grande relevância. Esta edição, ainda no primeiro semestre de 1997 é uma resposta da ABENGE ao compromisso de consolidar este meio de comunicação.

Outra preocupação de nossa entidade é a questão da distribuição da Revista. Além de ser enviada aos sócios individuais e institucionais da ABENGE, estamos ampliando a divulgação para os diversos setores do MEC, CAPES, CNPq, FINEP, FAPs, CONFEA-CREAs, UNESCO, algumas instituições do MERCOSUL, IACEE, ABET e outras entidades da área da engenharia no Brasil e no exterior.

Outra importante novidade é a inclusão de uma nova seção destinada a divulgar as Instituições associadas a ABENGE. Trata-se de um benefício recíproco, pois assim é possível diversificar as formas de fomento para garantir a continuidade e a ampla distribuição gratuita da revista.

Esperamos continuar recebendo os trabalhos de professores associados e sugestões de nossos leitores.

Atenciosamente,

Prof. Danilo Amaral  
Presidente da ABENGE

# OS ENSINAMENTOS DA REENGENHARIA E OS REENGENHEIROS

Thales Lobato dos Santos

Mestre em Educação pela Fundação Getúlio Vargas

Ex-Professor da Escola de Engenharia Kennedy da Fundação Educacional de M. G.

Ex-Professor de Engenharia Industrial e 2º Grau do CEFET/MG

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia da U.F.M.G.

Membro do Conselho Técnico Consultivo da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia - ABENGE

Av. W-3 - Quadra 516 - Bloco A - 5º andar - CEP 70770-515 - Brasília - D. F.

Tel.: (061) 347 0773 - Telefax : (061) 272 2661

**Resumo:** O propósito deste trabalho está ligado a dois objetivos: o primeiro é apresentar um resumo do que seja esta nova técnica de gestão a "Reengenharia", mostrando o que deve ser mudado radicalmente com referência ao que é feito em uma empresa, e, o segundo é mostrar também aos engenheiros a importância de suas participações nos trabalhos de equipe dentro das empresas, quando portadores de um perfil de "Reengenheiros". Com ele procuramos mostrar resumidamente os ensinamentos apresentados pelos métodos da reengenharia, que nada mais são que a transmissão de conhecimentos entre as pessoas participantes, de maneira a contribuir para excelência do trabalho empresarial, principalmente de Engenharia. Os novos padrões de competitividade e produtividade estabelecidos pela globalização do capital e a formação de grandes blocos comerciais entre países, tem obrigado as empresas a se adaptarem de forma rápida e efetiva, sob pena de verem sua própria existência colocada em risco.

Daí a nossa esperança de que este modesto trabalho possa contribuir de alguma forma para empresários e engenheiros, mostrando que mediante os ensinamentos prestados pela reengenharia possamos ter um modelo empresarial conceitualmente novo e um conjunto de técnicas associadas, que os executivos, gerentes e reengenheiros terão de usar para reinventar as suas empresas a fim de concorrerem em um novíssimo mundo.

**Palavras Chave:** Ensinamentos da Reengenharia, Reengenheiros, Perfil Ideal para um Reengenheiro.

**Abstract:** The purpose of this work is related with two goals. The first one is the presentation of a summary on this new management technique, the "Reengineering", which shows what must be completely changed inside a company. The second one intends to show, also to the engineers, the importance of their participation in any teamwork inside companies which have got a "Reengineering" profile. We want to show briefly the teachings given by the reengineering methods, which are only the exchange of knowledge among people who work in a company in order to improve the excellence of their work, mainly Engineering work. The new standards of competition and productivity established by the globalism of capital and the formation of great economic groups among countries have obliged companies to do quick and efficient adaptations, what is definitely essential to their own survival. Therefore we hope this modest work can bring some contribution to businessmen and engineers, showing them through the teachings given by the reengineering that it is possible to have a conceptually new enterprise model and a set of related techniques which businessmen, managers and reengineer will have to use in order to reinvent their companies and compete in a completely new world.

**Key words:** Teaching of Reengineering, Reengineer, Ideal Profile for an Reengineer.

## 1. - INTRODUÇÃO

A extraordinária evolução da ciência e da tecnologia nos últimos anos e o impulso para a melhoria do desenvolvimento operacional, tem sido as preocupações constantes para os tempos modernos em que vivemos, manifestados nos métodos e técnicas da reengenharia.

As idéias de adotar uma orientação de processos e de fazer saltos consideráveis no desempenho floresceram no passado, no Ocidente.

Nem mesmo a idéia de usar a tecnologia da informação e os habilitadores humanos na mudança, para beneficiar as atividades operacionais, é nova.

O que é novo é a combinação desses elementos

numa abordagem bem definida da reengenharia de processos.

A reengenharia surgiu mediante a preocupação das empresas de como estruturar e avaliar as suas atividades, e, ocasionalmente, conseguir melhorias radicais de desempenho.

Tem suas origens em várias abordagens da melhoria da empresa como, o movimento pela qualidade, as reflexões sobre a engenharia industrial e os sistemas, as abordagens de projeto de que foi pioneira a escola sociotécnica, a análise da difusão da reengenharia tecnológica, e as idéias sobre o uso competitivo da tecnologia da informação.

Na aplicação da reengenharia temos quatro fases consideradas como princípios:

1. Descobrir - Empregar idéias engenhosas para motivar as mudanças;

2. Selecionar e Formar Equipes - Encontrar pessoas (inclusive reengenheiros) que cooperem e ajudem na exploração, afastar os ataques políticos e entender uma série de problemas complicados e interligados;

3. Inovar e Construir - Repensar as inovações num projeto de reengenharia, assim como os processos administrativos em vista dos avanços modernos, não só na tecnologia, mas também na área de gerenciamento;

4. Reorganizar, Retreinar e Reequipar - É a fase chamada de barômetro do escrito do projeto. Nela há outra organização para o novo processo com diferença na sua estrutura, habilidades e cultura. Formula um plano de treinamento baseado exclusivamente no trabalho que será feito, isto é, sem desperdício.

É nela que, consoante às novas tecnologias, são introduzidas modificações em grande escala e operacionalizados todos os novos grupos de trabalho, inclusive ao qual pertença o ou os reengenheiros. (Petrozzo e Stepper [1]).

## 2. - OS REENGENHEIROS EM TRABALHO DE EQUIPE

Um dos desafios da reengenharia é instalar eficazmente a estrutura de equipe de trabalho ideal para toda a organização.

Na maioria das vezes, a organização é um produto derivado do modelo tradicional de engenharia.

A estrutura organizacional ideal deve ser encontrada fazendo-se experiências com novas organizações, junto com as mudanças no processo.

O projeto e a implantação da organização se dividem nas seguintes áreas principais:

- Identificação e mapeamento das tarefas;
- Seleção da estrutura de equipe;
- Seleção de uma estrutura de gerência;
- Implantação da organização.

Na reengenharia não basta a presença só de um forte líder, há necessidade de uma equipe responsável pela sua implantação. (Hammer e Champy [2]).

A liderança executiva é necessária, mas não suficiente, para que um projeto de reengenharia seja bem sucedido.

Lidando o líder, ou o gerente, com uma série de questões tecnológicas e de recursos humanos, exigirá o trabalho de várias pessoas em níveis diferentes na empresa.

Existindo um responsável para o projeto, a questão mais importante será quem fará parte da equipe de reengenharia.

O pessoal específico que for selecionado e a autoridade que lhe for delegada, serão fatores fundamentais para o sucesso do projeto de reengenharia.

A equipe principal é de bom alvitre que inicie pequena e continue pequena.

É prudente a menor quantidade de pessoas na equipe, porém, com o maior número de habilidades possível.

A equipe principal deve ser composta de, no máximo, 5 a 7 pessoas.

Estas pessoas deveram ser de dentro e de fora da empresa e em regime de período integral.

Há necessidade ainda que da equipe principal conste uma pessoa encarregada das relações públicas e outra defensora do projeto.

As pessoas com "percepções pessoais negativas" devem ser evitadas.

Os candidatos a essa posição precisam ter grande capacidade analítica e criativa e deverão receber uma noção firme de tecnologia de informação e métodos de melhoria de qualidade.

Terão, enfim, que serem "reengenheiros".

Embora o protótipo dos reengenheiros seja uma pessoa de nível de gerência, ela não deve ser responsável pela gerência durante o projeto de reengenharia.

Os reengenheiros precisam de tempo e liberdade para analisar e diagnosticar problemas.

Quando os reengenheiros "conhecem" detalhes do ambiente atual, os funcionários que trabalham no processo confiam mais nele e essa atitude inspira também, a confiança no esforço global.

Ao mesmo tempo, no entanto, os reengenheiros precisam ter capacidade de ver o "quadro todo".

Para auxiliar o reengenheiro há necessidade de uma ou mais pessoas talentosas, especialistas, para entender as interrelações entre as fontes fragmentadas de informação no "raciocínio de sistemas".

Esse tipo de pessoa é fundamental para o engenheiro, para que as partes fragmentadas do processo possam ser reunidas formando um quadro completo.

Entender da tecnologia subestima o grau de pericia necessário na reengenharia.

Na reengenharia as pessoas precisam ser tecnicamente "completas".

Quanto mais experiências tiverem na área de integração de sistemas de informação, melhor.

Entre os pré-requisitos estão, entendimento profundo de análise de dados / informação, tecnologia de banco de dados e meios de trocar dados.

Quanto mais o reengenheiro souber e entender dos métodos de Gerência de Qualidade Total, melhor.

As manobras "difícilosas" têm de ser complementadas por uma série de manobras "delicadas".

O reengenheiro tem de ser capaz de ir à fábrica e se identificar com os trabalhadores e de ir à diretoria e apresentar os resultados obtidos pela equipe, de uma forma que os gerentes de alto nível entendam.

Da mesma maneira o reengenheiro, tem de ser

capaz de se infiltrar na situação.

Isso pode parecer um termo negativo, mas, penetrar nos bastidores é uma habilidade que ajuda a descobrir o que realmente está acontecendo.

Além disso os reengenheiros tendem a ser não conformistas.

No entanto, as idéias que desafiam o "status quo", geralmente provêm de escrutínio e ataque.

Como vemos, os reengenheiros têm de estar aptos a defender suas idéias e conclusões.

Não só os reengenheiros, mas também todos os elementos envolvidos no projeto de reengenharia, tem que ter características de automotivação ou "impulso".

Geralmente, no início do projeto existe uma falta de um rumo específico, porque o processo de "procurar fazer mudanças radicais" é extremamente criativo.

Descrito esse papel, espera-se que os membros envolvidos criem e é dever deles criar oportunidades.

Por fim, pelo fato de a reengenharia não ser um exercício para se fazer no papel, os reengenheiros têm de adquirir informações necessárias para tomar boas decisões.

Quanto à idéia de reelaboração de um projeto e/ou uma nova solução de tecnologia, como de informação, ele deverá despende muito tempo colocando a mão na massa.

Entre as maneiras de se entender o ambiente existente, estão: entrevistas, observações e trabalhar literalmente sozinho no processo.

Como vemos, o perfil de um reengenheiro é um pouco mais complicado do que uma pessoa com boas habilidades técnicas e de relacionamento.

Para isso, tem-se que procurar no mercado um reengenheiro com perfil voltado para a pesquisa e desenvolvimento ou similar.

Geralmente, o mercado oferece engenheiros de sistemas mais interessados no impacto que as tecnologias causam nos edifícios.

Há também no mercado, engenheiros desta área que aceitam bem a oportunidade de buscar novos desafios.

Interessante, para aceitar esse desafio, seriam engenheiros que saíram do ambiente de pesquisa e desenvolvimento, na esperança de se tornarem um reengenheiro, tendo em vista ser possuidor do "background" técnico e também experiência administrativa.

Somos de opinião, sem sombra de dúvida, que é mais fácil ensinar habilidades de análise de processo a engenheiros e cientistas da informática, do que ensinar habilidades tecnológicas a gerentes convencionais.

Alguns dos reengenheiros podem ser consultores externos, pelo fato de a matéria reengenharia ser realmente nova e, aumentar a equipe com os mesmos, ajuda a acelerar o processo e dá a experiência necessária.

O que precisa, é que o perfil dos reengenheiros consultores seja definido com clareza.

O que devem fazer é ajudar a ensinar técnicas à equipe de reengenharia, dar objetividade e fazer com que a equipe domine os obstáculos.

Eles, entretanto, não devem ser os únicos responsáveis pôr todos os aspectos do projeto e nem simplesmente apresentar relatórios à gerência.

Nos sistemas, a posição de reengenheiro está interligada com a do especialista (pessoa talentosa) e o analista de sistemas.

### 3. - O PERFIL IDEAL PARA UM REENGENHEIRO

Como já foi visto existe uma grande quantidade de trabalhos a serem feitos na reengenharia e, portanto, é impossível que tudo seja realizado por apenas uma pessoa.

Agora temos que abordar que tipo de qualificações são necessárias aos membros de uma equipe de reengenharia, principalmente os reengenheiros.

Inclusive tipos de antecedentes e experiências adquiridas.

De uma maneira geral abordaremos as qualidades que deve ter o reengenheiro para atender as fases do conteúdo de trabalho da reengenharia: (Hammer e Stanton [3]).

1. Orientação para processos;
2. Perspectiva holística;
3. Criatividade;
4. Perseverança;
5. Entusiasmo;
6. Otimismo;
7. Persistência;
8. Tato;
9. Participação em equipe;
10. Habilidade de comunicação.

A identificação dessas qualidades podem ser verificadas em parte pelo seu "curriculum vitae".

O fato de se ter encontrado um engenheiro já é um bom princípio.

Quanto à primeira qualidade, não é difícil encontrar um engenheiro com boas habilidades em projeto, cujo estilo de pensamento seja centrado em processos.

A reengenharia é, de fato, um ramo da engenharia.

Seu domínio são as organizações e o trabalho, em lugar de dispositivos eletrônicos e estruturas.

Em um nível fundamental, todos os engenheiros, eletrônicos, mecânicos, civis, de software ou industriais, têm muito em comum.

Seus estilos de pensar podem rapidamente se adaptar de um domínio para outro.

A inclinação natural de um engenheiro é para o projeto, em direção à síntese e a invenção, em vez de

análise.

Cientistas preocupam-se em compreender “do que se trata”, engenheiros concentram-se mais “no que pode ser feito”. (Davemport Thomas [4] ).

Todos os engenheiros têm uma particularidade, saber lidar com a complexidade.

Além disso, processos e projetos são do que os reengenheiros vivem e do que eles precisam e o que eles respiram.

A terminologia pode variar de um campo a outro, mas o pensamento amplo e panorâmico é intrínseco a todas as disciplinas da engenharia.

Em segundo lugar, os engenheiros são solucionadores holísticos de processos e também têm tido experiências com os componentes práticos de um projeto bem-sucedido: a criatividade - inventar algo totalmente novo.

A qualidade da inquietude é também facilmente identificável em um currículo.

Os reengenheiros potenciais freqüentemente exibem a tendência de mudar de trabalho.

Sua inclinação é a de se deparar com uma situação, aprendê-la rapidamente e nela implementar melhorias.

Eles se movem em busca de uma próxima causa à qual possa dedicar sua energia.

As qualidades necessárias de entusiasmo, otimismo e persistência são normalmente encontradas em pessoas que uma vez na vida integram uma equipe.

Reengenheiros tem que vender um novo conceito a um grupo de clientes relutantes.

Não podemos também deixar de salientar que o engenheiro perfeito poderia também ser uma reengenheira com o perfil citado.

Obviamente é extremamente impossível que todos os reengenheiros na reengenharia passem por essa peneira, um tanto fina, de qualificação, pois não trabalham sozinhos, mas sim em equipe.

O que importa é que a equipe como em todo, e não cada um de seus membros, têm que possuir os atributos desejados.

O que não pode existir no comportamento do reengenheiro em seu trabalho de equipe é falta de atenção, ataques pessoais, silêncio, compartilhar demais e matar idéias.

#### 4. - CONTEÚDO DE UM TRABALHO DE REENGENHARIA

“Reengenharia é o repensar fundamental e o reprojeto radical dos processos empresariais, para produzir melhorias drásticas em desempenho.”

Um bom trabalho, na Reengenharia, deve orientar-se pelos seguintes itens:

1. Compreensão - Ter em mente os requisitos do antigo processo, do tipo de cliente, as falhas do referido processo e o desempenho exigido para o novo pro-

cesso;

2. Invenção - Inventar um novo projeto de processo que rompa ou contorne os defeitos do existente;

3. Construção - Incluir no novo processo o desenvolvimento dos detalhes e suas implicações, treinamento do pessoal, requisitos dos sistemas de informações, etc.;

4. Venda - Venda dessa nova maneira de trabalhar e viver na organização como um todo;

5. Incerteza - Eliminar as incertezas o mais rápido possível no período de desenvolvimento do projeto;

6. Experimentação - É impossível projetar uma nova forma de trabalho só colocando-a no papel. Tem que ser testada na realidade e com isso obviamente erros serão cometidos;

7. Pressão - A reengenharia existe quando há necessidade de resultados imediatos. Daí os reengenheiros operarem sob condição de grande urgência e pressão.

Nos altos escalões de gerenciamento empresarial há o pensamento de que no mundo do trabalho está prestes a processar-se uma transformação que é comparável à revolução industrial.

Esta gigantesca transformação tem duas causas: a globalização e a revolução técnica através da informática.

Com a globalização temos a concorrência internacional no mercado de trabalho.

Os salários serão altos ou baixos em função do desempenho.

A renda e o desempenho serão em função da qualidade dos produtos e serviços e a pressão sobre o desempenho é inevitável.

A informatização é uma das bases para a revolução industrial.

A execução do trabalho de equipe não terá que ser feita rigorosamente no próprio lugar do trabalho, uma vez que para a informatização as distâncias não têm mais nenhuma importância.

O que teremos no futuro é o tele-trabalho; quem se engajar mais ganhará mais e os que preferirem mais tempo no lazer ganharão menos.

Os conhecimentos técnicos e serviços devem ser pesados e o conhecimento de lógicas vai desempenhar um perfil cada vez mais importante.

Temos que lembrar, que a língua inglesa hoje torna-se o “esperanto” do mundo moderno.

Temos que aceitar no íntimo as mudanças e nos tornarmos mais flexíveis e mais móveis para podermos enfrentar junto com os trabalhos de Reengenharia a revolução do novíssimo mundo.

E com relação ao Brasil, Joia Luiz Antônio [5] em seu entusiasmo pela Reengenharia é enfático: “*Fazemos nossa profissão de fé na Reengenharia e acreditamos que o Brasil seja o local ideal para o crescimento desse paradigma*”.

## 5. - CONCLUSÃO

Na maioria das vezes o que ocorria com as empresas era sem sombra de dúvida a preocupação de ajustamento e redução de custos para a garantia de sobrevivência e competitividade, tendo em vista as variações de ocorrência de mercado.

Atualmente o que se verifica é o inverso, isto é, adoção de uma tática de reaprender, partindo no sentido da competitividade.

E, em paralelo adotando providências de redução de pessoal, despesas e investimentos, redirecionando os negócios, e procurando conhecer melhor os consumidores de mercado.

Outro fator importante que passou a ser adotado é o ajuste da empresa ao novo "marketing" de mercado, principalmente tendo em vista as novas tecnologias para a obtenção de maior eficiência e lucros.

Abordando a interligação da Reengenharia estratégica e organizacional com o sistema de qualidade total da Empresa, Oliveira, Djalma [6] é taxativo:

"Marketing total é o processo interativo de todos as atividades e unidades organizacionais da empresa para com as necessidades e expectativas dos clientes e mercados atuais e potenciais".

O acompanhamento do comportamento dos clientes quanto a sua satisfação ou não é muito proveitoso.

Várias novas técnicas vêm sendo introduzidas no mercado mundial como: "supply chain", "integration sales", "performance indicators" e "target clients analysis".

Segundo Vecchio, Egidio e Vecchio, Elizabeth [7]:

"Reengenharia é a ciência e a arte de comprimir sistemas de fluxos operacionais integrados, que se serve da cibernética na procura da competitividade veloz".

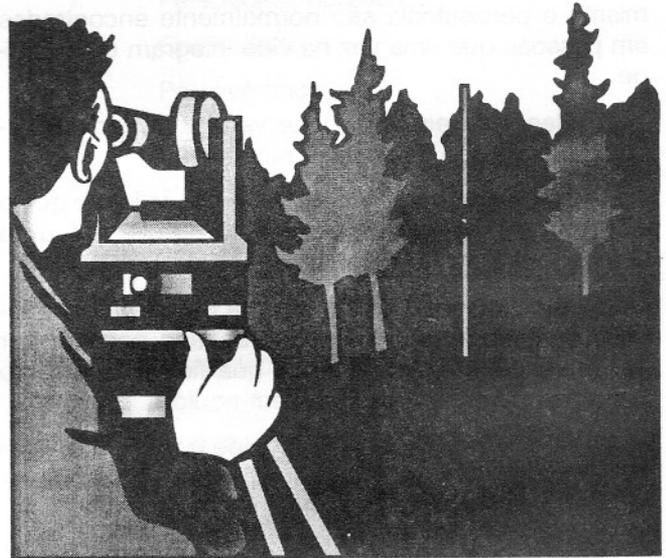
Estas novas medidas que vem sendo adotadas pelas empresas têm recebido a ajuda de software, que facilitam a tomada imediata de decisões.

Como vemos, o Mercado de Trabalho Mundial está passando por uma nova era, não só no sentido de crescimento e desenvolvimento como também de novos avanços sem precedentes na área da tecnologia de ponta.

Daí a necessidade também dos ensinamentos da Reengenharia e dos Reengenheiros.

## 6. - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PETROZZO, DANIEL P. e STEPPER, JOHN C. - Reengenharia na Prática - São Paulo, Editora McGraw-Hill Ltda., 1996.
- [2] HAMMER, MICHAEL e CHAMPY, JAMES - Reengenharia - Rio de Janeiro, Editora Campos, 1994.
- [3] HAMMER, MICHAEL e STANTON, Steven A. - A revolução da Reengenharia - Rio de Janeiro, Editora Campos, 1995.
- [4] DAVENPORT, THOMAS M. - Reengenharia de Processos - Rio de Janeiro, Editora Campos, 1994.
- [5] JOIA, LUIZ ANTONIO - Reengenharia e Tecnologia da Informação - São Paulo, Livraria Pioneira Editora, 1994.
- [6] OLIVEIRA, DJALMA DE PINHO DE - Revitalizando a Empresa - São Paulo, Editora Atlas S. A., 1996.
- [7] VECCHIO, EGIDIO e VECCHIO ELIZABETH S. - Reengenharia Comportamental x Radical - Porto Alegre, Editora AGE, 1994.



# SELEÇÃO, LEITURA E INTERPRETAÇÃO DE UM ARTIGO TÉCNICO-CIENTÍFICO

Sebastião Vicente Canevarolo, José Roberto Gonçalves da Silva e Maurizio Ferrante  
Departamento de Engenharia de Materiais, DEMa  
Universidade Federal de São Carlos, UFSCar  
São Carlos, São Paulo

**Resumo:-** Este texto apresenta uma maneira prática para ajudar a decidir se um dado artigo é ou não relevante a um dado trabalho técnico-científico. Inicialmente sugere-se a pré-seleção através de uma leitura dinâmica ( max 3 min. ), para a definição do grau de interesse e relevância, fotocopiando-o se interessar. A seguir, em um local mais apropriado, far-se-ia uma leitura cuidadosa do texto analisando-o e interpretando-o em todos os seus detalhes.

**Palavras Chave:** Seleção, Interpretação, Artigo Técnico-Científico

## INTRODUÇÃO

No início da carreira científica do futuro pesquisador, normalmente no período de vigência de uma bolsa de Iniciação Científica, este se depara com a necessidade de coletar o máximo de informações sobre um assunto técnico-científico. Isto é inicialmente feito com alguma ajuda do professor orientador, de técnicos e de colegas; mas a maior parte virá da leitura e do estudo de artigos científicos. Estes artigos no início serão fornecidos pelo professor orientador mas rapidamente o candidato a pesquisador deverá aprender como consegui-los por si próprio. Neste ponto começam as dificuldades associadas à decisão de que um dado artigo é ou não relevante para o trabalho que ele vem desenvolvendo. A literatura técnico-científica atual é abundante tanto em quantidade quanto em especificidade além de variar muito em qualidade, deixando o " novato " confuso entre o que parece bom e o que é essencial. É comum este não se dar conta que tal decisão tem que ser tomada às custas de concluir erroneamente que nada tem sido publicado ( e portanto feito ) ou, ao contrário, gastar toda a sua bolsa na fotocopadora. É claro que após algum tempo o aluno acaba de um modo ou de outro aprendendo a diferença entre o que é bom e o que é necessário.

Definido que se deve ter o artigo e adquirida a cópia, o aluno se ve diante de uma obrigação. Se o artigo é importante e para tanto foi fotocopiado este não deve ser só lido e estudado mas principalmente interpretado.

Como fazê-lo de modo rápido e eficiente? No futuro este artigo poderá vir a ser utilizado na redação e montagem de outros artigos científicos. Novamente, como fazê-lo de modo objetivo, crítico e comparativo com outros artigos? Quais informações, além das técnicas, que nem sempre são tão óbvias, podem ser extraídas de um texto técnico, normalmente redigido em formas padronizadas?

Para ajudar o "novato " neste caminho é que

este texto foi idealizado e redigido. Sugerimos que se faça uma pré-seleção (por ex. na própria biblioteca), assumindo que o texto deverá ser fotocopiado. Depois, em lugar mais adequado (por ex. em seu gabinete de estudos ), se procederá à análise e interpretação do artigo.

## I Parte SELEÇÃO

Neste item se dispõe de no máximo 3 (três) minutos para a decisão em se fotocopiar ou não o artigo em mãos. Sugere-se que de maneira rápida e seletiva leia-se com atenção os itens do artigo listados abaixo, na ordem apresentada.

### 1) TÍTULO

Quando o autor escreveu o texto ele resumiu de maneira extremamente condensada o assunto abordado escolhendo cada palavra para compor o título. Estas representam estritamente o seu significado, devendo pois, ao serem lidas com atenção e cuidado, ajudar na decisão da escolha ou descarte do artigo. Geralmente o título do artigo expõe palavras-chaves ( ou unitermos ) que são usados para sua classificação de assuntos.

### 2) AUTORES E INSTITUIÇÃO

A seguir deve-se identificar os autores e suas instituições. É possível relacionar este artigo a outros trabalhos dos mesmos autores sobre o mesmo assunto que já se tem conhecimento? Assim pode-se ter boas pistas sobre o autor principal ( "team leader" ). A Instituição também é importante pois está revelando suas linhas de pesquisa e/ou vocação científica institucional. Esta também mostra sua disponibilidade de equipamentos e/ou conhecimento da metodologia. Tais informações são importantes para, no futuro

quando houver interesse ou disponibilidade, se opte por fazer um contato direto. Pelo primeiro autor se tem acesso ao artigo em consulta de base de dados: mas o autor principal geralmente é o último!

### 3) RESUMO ou "ABSTRACT"

Neste item o autor apresenta em poucas palavras ( 50 a 300 ) a idéia básica do trabalho, os materiais e métodos, os seus principais resultados bem como as principais conclusões. Estas informações são vitais definindo se vale a pena passar ao próximo item ou descartar tal artigo. Este resumo geralmente consta das obras de referencia bibliográficas e sua leitura nessa fonte de informação dispensa a necessidade de se ter a cópia completa do artigo para conhece-lo superficialmente.

### 4) VISÃO GERAL DO TRABALHO

Sem a obrigatoriedade de uma leitura propriamente dita, folheia-se todo o trabalho observando-se:

#### a) Figuras:

- Quais as variáveis são analisadas ( eixo das ordenadas e abscissas ), e quais os parâmetros utilizados

- Qual a escala usada ( tipo e ordem de grandeza ),

- Qual a forma da curva,

- Há confrontação dos pontos experimentais com curvas teóricas?

- Existem diagramas para representar modelos teóricos?

- Existe uma curva estatisticamente representativa dos dados?

#### b) Equacionamento matemático:

- O texto é corrido ou privilegia o desenvolvimento de equações matemáticas? Ele é muito analítico?

#### c) Referências bibliográficas

- Qual o número total de referências listadas (um bom artigo de revisão "review" exige no mínimo 50 citações )

- Essas referências seriam acessíveis a você caso venha a precisar delas?

- Essas referências são familiares a você ? Elas são recentes?

- Qual sua procedência? Existe alguma preferência ou predominância por algum periódico ou autor?

- Existe e quão frequente é o auto-referenciamento ( presença de nomes de um ou mais dos autores do trabalho na lista de referências)? Aqui também se tem ajuda para com a identificação do "team leader". Voce já ouviu falar neste "team leader"?

## 5) CONCLUSÕES

Este item deve ser lido atentamente. Quais as conclusões mais importantes? **Um artigo sem conclusões claras e objetivas já consumiu o seu tempo mais do que merece !**

- As conclusões são relevantes com relação:

- à Ciencia e portanto à sua formação básica ?

- ao seu trabalho em particular ?

Na análise de um artigo tem especial relevância a avaliação qualitativa, isto é o grau de confiança que se deve ter nos resultados e conclusões bem como a avaliação da sua intenção. Quanto ao aspecto qualitativo de uma publicação científica, um pouco de familiaridade com o tema da própria pesquisa e ajuda do orientador e colegas, logo formará um quadro composto dos personagens de destaque internacional naquele tema. Assim, artigos que contenham esses nomes como autores ou os referenciam com frequência, terão mais credibilidade de que autores e instituições desconhecidas (embora estes possam vir a criar credibilidade). Cria-se assim um repertório do que "pode-se acreditar ". Artigos que o contradigam devem ser analisados com mais cuidado, apesar de que estes podem também estar certos, criando-se assim um novo paradigma.

Com relação à segunda questão ie. intenção do artigo, é preciso adquirir rapidamente uma bagagem "classificatória" dos veículos de comunicação da área de trabalho. Com relação a periódicos se torna relevante saber de antemão que títulos tratam de temas avançados, quais os de temas tecnológicos e quais os de divulgação tecnico-científico-comercial. Livros também devem passar por tal classificação: existe o livro texto, composto de assuntos reconhecidamente comprovados e sobre os quais não há mais discussão e que provavelmente ficarão como estão por longo tempo, e os geralmente compostos por vários autores, especialistas de um tema, que comunicam o seu estado da arte. Assim, deve-se saber de antemão a que nível deseja-se aumentar o conhecimento - o de teorias básicas associadas ao trabalho; o de pesquisa científica; pesquisa tecnológica; relevância industrial e comercial de produtos; novos produtos e novas aplicações, etc.

Finalmente a "idade" do artigo também merece uma análise. A primeira vista parece correto que quanto mais recente, mais próximo da verdade e mais atualizadas são as informações nele contidas. Isso é especialmente verdadeiro em termos tecnológicos, de processamento, ou os que relatam inovações em materiais, processos e equipamentos. No entanto, para temas de natureza fundamental, como a explicação de um fenômeno físico ou de um modelo teórico, às vezes é muito melhor recorrer-se ao artigo original(que se fundamental é referenciado até hoje ), que explica de modo muito mais detalhado e didático aquilo que

há a algum tempo atrás era novidade absoluta. Enfim, a data de publicação do artigo, por si só, não se constitui em um elemento suficiente para julgar sua utilidade hoje. Deve-se sim avaliar a natureza do artigo e agir em consequência.

Neste ponto, após uma análise de no máximo 3 minutos, já se deve ter uma idéia se o artigo lhe interessa, ou poderá vir a lhe ser útil no futuro. Neste caso este deve ser adequadamente fotocopiado. Neste momento deve-se prestar a atenção para que a cópia seja nítida, que não distorça, corte ou borre trechos do original, inutilizando-a. Também esta deve conter todos os dados deste artigo para seu posterior referenciamento. Isto se torna particularmente importante no caso de livros onde título, autor( es ), editor ( es ), etc se encontram fora da região fotocopiada. Anotar as informações preferencialmente na primeira página, com letra de forma e em tinta preta evitando anotações a lapis, em azul, vermelho ou verde ( esta cópia poderá, por sua vez, vir a ser fotocopiada futuramente).

## II Parte INTERPRETAÇÃO

De posse da cópia nítida do artigo previamente selecionado procede-se a uma leitura detalhada para seu completo entendimento e interpretação. Esta atividade deve ser desenvolvida em local adequado ( definitivamente longe da fotocopadora! ). Durante a leitura alguns pontos devem ser observados com mais atenção incluindo-se:

### 1) INTRODUÇÃO

Trata-se de um trabalho único deste mesmo grupo de autores ou faz parte de uma série? Qual a razão apresentada para a realização do trabalho e redação deste artigo? O caráter do artigo pode ser classificado por científico, tecnológico, mercadológico ou de divulgação? Quão atualizados estão os autores? Como as citações podem contribuir para o seu trabalho?

Os autores colocaram claramente o "ponto central" do trabalho? É um trabalho teórico, ou só experimental?

### 2) MATERIAIS E MÉTODOS

Deve-se identificar claramente:

Os materiais empregados devem ser bem caracterizados: produtos químicos em geral com tipo, grau de pureza, procedência, etc e no caso de polímeros peso molecular, distribuição de peso molecular, densidade, MFI, concentração de comonomeros, etc.

A metodologia usada é convencional? Foi utilizado algum artifício não convencional? Em caso positivo qual poderá ser a relevância, importância ou influência deste novo método nos resultados? Isto é reconhecido pelo autor e discutido nos itens a seguir? Existem outras técnicas experimentais que também poderiam ser utilizadas? Porque não o foram? Os autores/instituição

não conhecem/possuem tal técnica ou está incluída em uma outra publicação específica dos mesmos autores? Compare a metodologia empregada com a sua ( assumindo-se que o artigo trata do mesmo tema de seu projeto de pesquisa ), analisando as diferenças.

### 3) RESULTADOS

Os vários resultados apresentados são coerentes entre si, bem como o são com o comportamento geral esperado? Os resultados são suficientes e confiáveis para validar as conclusões? São resultados inéditos? Eles suscitam novas questões? Em que confirmam ou estão em desacordo com os seus resultados ( se for o mesmo tema ). No caso de estarem em desacordo, que relação tem com a utilização de métodos experimentais diferentes?

### 4) DISCUSSÕES

É feita uma avaliação crítica dos resultados apresentados? Os autores se preocupam em compará-los com os demais existentes na literatura, incluindo-se artigos de sua própria autoria ou co-autoria? Todos os dados experimentais são justificados inclusive os " estranhos " ? É apresentado um modelo teórico para explicar os resultados? Quão aderente é o modelo, mecanismo, formulação propostos ?

### 5) CONCLUSÕES

Quais as principais conclusões? Estas podem ser assumidas como de caráter geral ou são particulares ao sistema, condições, ou hipóteses empregadas? Como elas se comparam aos resultados apresentados? Você obteria as mesmas conclusões do autor? Quais as novas questões ou dúvidas suscitadas por esse trabalho, que sugerem novas pesquisas? Em caso de dúvida sobre esse trabalho você escreveria para os autores pedindo esclarecimentos? Discuta com seus colegas os seus pontos de vista sobre esse trabalho! Finalmente, como elas podem contribuir para que seu trabalho signifique realmente um avanço científico para a humanidade?

### 6) AGRADECIMENTOS

À primeira vista tal item pode parecer banal mas não o é. A indicação de que o artigo foi financiado por uma instituição de fomento à pesquisa de reconhecimento internacional credencia os autores, qualificando o "team leader" na condição privilegiada de obter bons e atraentes recursos financeiros.

### 7) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As observações apresentadas na I Parte deste texto à respeito deste item se aplicam integralmente aqui. O que podemos acrescentar é que a disponibilidade de tempo neste caso é maior, permitindo uma análise mais profunda.

Agradecimentos: Agradecemos os comentários do Prof. Dr. Luis A. Pessan que ajudaram a enriquecer este texto.

# UMA DEFINIÇÃO FORMAL PARA “ENGENHARIA”

José Roberto G. da Silva

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Materiais, do Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Federal de São Carlos; Via Washington Luiz km. 235; Caixa Postal 676; CEP 13.565-905 São Carlos (SP)/ BRASIL. O autor é Engenheiro Mecânico pela EESC-USP e PhD em Ciência de Materiais pela universidade Rice (Houston-Texas/EUA).

## INTRODUÇÃO

**Resumo.** É apresentada uma definição formal que pretende ser precisa, clara e universal do Vocábulo ENGENHARIA dentro de uma visão prática do seu uso e baseada em considerações etimológicas, históricas; e em outras definições formais já existentes.

**Palavras Chave:** Engenharia, definição, Etimologia.

**Abstract:** A formal definition for the word ENGINEERING intended to be precise, clear and universal is presented within a practical viewpoint of its use, based on etimological and historical considerations; and on other formal definitions already existent.

**Key-words:** Engineering, Deflnition, Etimology.

## INTRODUÇÃO

Se procurássemos saber de cada Engenheiro formado e praticante de sua profissão, de professores e de estudantes de escolas de Engenharia, e de instituições técnico-científicas e de classe, qual a definição formal que apresentariam para o vocábulo ENGENHARIA; ficaríamos surpresos com a omissão, ou com a imprecisão, ou com a variedade de respostas que obteríamos. Isso já foi objeto de um levantamento informal feito pelo autor entre colegas de trabalho na Universidade e entre estudantes de vários cursos de graduação em Engenharia.

Apesar de que essas pessoas possam ser bons profissionais e tenham a noção, a intuição e a experiência de como praticar a Engenharia; pode-se debitar a carência de uma definição formal ao fato de que não lhes deve ter sido transmitido tal conceito fundamental, ou não devem tê-lo visto veiculado em meios de comunicação nem em seu ambiente de trabalho, nem como um fundamento ensinado em disciplinas de “Introdução à Engenharia” quando estas porventura constassem dos currículos de cursos de graduação em Engenharia no Brasil.

A motivação do autor em buscar uma definição formal para o vocábulo ENGENHARIA surgiu quando teve de preparar aulas introdutórias sobre os fundamentos e os conceitos gerais associados à Engenharia dentro da disciplina 03.016-3: Introdução à Engenharia de Materiais, obrigatória de dois créditos oferecida no segundo nível do curso de graduação em Engenharia de Materiais da UFSCar; sem encontrá-la até mesmo num livro-texto típico de “Introdução à Engenharia” [1]; encontrando-a em outros dois livros-texto típicos [2,3] com variações nas definições

ali veiculadas. Ao consultar enciclopédias e dicionários, o autor encontrou uma enorme variedade dessas definições nem sempre satisfatórias nem completas; o que o levou a redigir em co-autoria um glossário [4] e dois artigos [5,6] com definições de muitos outros vocábulos e expressões que pudessem servir de um referencial preciso para evitar confusão no uso corrente de termos ou expressões do dia-a-dia. Com isso se pôde estabelecer uma primeira definição formal para ENGENHARIA DE MATERIAIS (carreira recente no Brasil) em 1.977 [7], depois ampliada [8].

Aqui se pretende fundamentar e estabelecer uma definição formal para o vocábulo ENGENHARIA com caráter universal, clareza dos conceitos explicitados, precisa e útil, dentro da visão do autor.

## II - BREVE HISTÓRICO DA ENGENHARIA

A Engenharia constitui uma atividade humana tão antiga quanto a própria civilização, mas só há cerca de dois séculos ela passou a ser levada em consideração quando se verificou que tudo o que o Homem construía em regido por leis matemáticas e científicas e dentro de determinados parâmetros e comportamentos. Ela emergiu como uma arte muito antes do seu reconhecimento como uma profissão. A

invenção de um tacape feito de pedra na era paleolítica está entre as primeiras grandes conquistas da Engenharia; mas nas civilizações antigas a tecnologia predominante era produto da tentativa e erro, da intuição, do talento artístico, da habilidade e da experiência não embasados pelo conhecimento científico, o que persistiu até a Idade Média. Durante a Renascença cresceu a demanda por habilidades e talen-

tos de homens “engenhosos” que produzissem “máquinas de guerra” (“war engines”); daí o caráter misterioso e temível do “Engineer” - criador e operador de aparatos mirabolantes, incontrolláveis e perigosos para quem não os conhecesse nem os dominasse.

A partir do século XVII começou o papel da Ciência como base para o entendimento e o domínio dos meios de consecução de projetos tecnológicos, com os clássicos exemplos de Leonardo da Vinci e Galileu como precursores da Engenharia de base científica [9].

O primeiro estabelecimento do seu ensino foi a École Nationale de Ponts et Chaussées instalada em Paris em 1.747. Em 1.818 fundou-se em Londres o Instituto de Engenheiros Civis com a finalidade de defender e prestigiar o significado da profissão, quando esse Instituto pleiteou uma Carta Régia e precisou adotar uma definição para Engenharia Civil proposta por um dos fundadores desse Instituto e especialista em estruturas de madeira - Thomas Tredgold - autor de clássica definição para Engenharia.

Telles [10] dá um amplo panorama de como a Engenharia chegou ao Brasil.

De acordo com [9] o dia 4 de dezembro de 1.810 - data da fundação da Academia Real Militar - representa o marco inicial da história da Engenharia no Brasil.

Contrapondo-se ao caráter belicista da Engenharia da época da Renascença, surgiu a atividade de “engenhosos e criativos” profissionais dedicados à construção de pontes, canais, rodovias, portos e moradias caracterizando a atividade dos “Engenheiros Não-Militares” ; e por isso mesmo chamados de Engenheiros Civis, mesmo que construísem estruturas, máquinas elétricas, mecânicas ou de mineração. Hoje existem carreiras modernas de Engenharia bem definidas como as da Engenharia de Materiais, a de Computação, a Florestal, a de Alimentos, a de Pesca, a Ecológica e outras, além daquelas bem conhecidas como a Engenharia Mecânica, a Civil, a Elétrica, a de Produção, a Metalúrgica, e a Química.

### III - ETIMOLOGIA E CONCEITOS ASSOCIADOS

O vocábulo ENGENHARIA pode ter mais de uma interpretação quando tomamos por base sua etimologia. Ele pode significar a área de atuação do “maquinista” (“engineer” - operador de uma máquina ou de uma locomotiva) ; “construtor de fortificações e engenhos bélicos” (“war engines”); “mestres construtores” ou “ mestres pedreiros “ (“masonry masters” - construtores de obras civis); e até o de “dono ou ca-

pataz de engenho” ou “ gênio e erudito”.

Do Latim INGENIARIUS deriva o sentido daquele que fabrica ou opera locomotivas ou máquinas (do Inglês ENGINES), especialmente as de guerra. Do Inglês INGENUOUS (“engenhoso”, e não “ingênuo”!) deriva o sentido de que é um dotado de engenhosidade, de espírito e talento; e do velho Latim GENS deriva o sentido daquele que concebe, cria e produz. Em [11] se considera que a origem dos substantivos ENGENHEIRO e ENGENHARIA seja sugerida por ENGYNEOUR do Inglês ; do antigo Francês ENGIGNIER, ENGIGNEOUR ou ENGINEUR, ou do médio Latim INGENIARIUS, que sugere o sentido já apresentado. A palavra ENGENHARIA denota a obra de um GENIE, vocábulo derivado do Latim GENIUS significando “espírito iluminado”. Ela também tem a conotação de “engenhoso” (do Inglês INGENUITY, significando “engenhosidade” e não “ingenuidade”<sup>1</sup>), e possivelmente de INGENIUM, do antigo Latim GENS com o sentido já apresentado.

Estudiosos crêem que esses vocábulos vêm da raiz GEN significando “originar, criar, produzir ou conceber” [11].

Segundo [9], ao termo ENGENHEIRO do Português corresponde INGENIEUR do Francês; INGEGNERE do Italiano; INGENIERO do Espanhol; ENGINEER do Inglês; e INGENIUR do Alemão. Ao termo ENGENHARIA do Português corresponde o GÉNIE do Francês; INGEGNERIA do Italiano; INGENIERÍA do Espanhol e ENGINEERING do Inglês.

De acordo com [9] o Espanhol GÊNIO é de 1.580, eruditismo sobre o Latim GENIUS (“gênio tutelar”) ; a acepção de “ grande engenho, homem de força intelectual extraordinária” é do início do século XIX por influência do Francês. O Espanhol arcaico ENGEÑO é de 1.251, na forma moderna INGENIO de 1.490 de onde deriva respectivamente o arcaico ENGEÑOSO por volta de 1.280 e o moderno INGENIOSO por volta de 1.490. Em 1.450 a INGENOERO provavelmente ao influxo do Italiano INGEGNERE que é da segunda metade do século XII; e INGENIERÍA por influência do Italiano ou do Português é do século XVIII. O Inglês ENGINEER é de 1.425 como “o que engenha, desenha, planeja ou inventa” ; enquanto que como “construtor de obras de guerra” aparece em 1.325; e como “maquinista de locomotiva” só aparecerá, sobretudo nos EUA, a partir de 1.839. O substantivo ENGINEERING do Inglês aparece em 1.720 com uma outra forma ENGINEERY, de 1.793, que não vingou. Em Português, Antônio de Moraes Silva, em seu dicionário já averbava em 1.813 ENGENHAR como o verbo, ENGENHOSO como o adjetivo, ENGENHARIA como o substantivo, e ENGENHEIRO como o sujeito.

Vide outros subsídios sobre a etimologia dos vocábulos Engenharia e Engenheiro em [12].

Em [13,14]] são estudadas as bases sociológi-

cas do papel do Engenheiro, em [15] Smith aprofunda a visão da carreira do Engenheiro; e em [16,17] Ferraz faz considerações sobre a Engenharia como Ciência.

#### IV-DEFINIÇÕES EXISTENTES

Nesta seção relacionamos as definições formais existentes em suas diversas versões encontradas para o vocábulo ENGENHARIA, procurando situar seus autores, época e referência. Procuramos ilustrar a enorme quantidade e variedade de definições existentes; sem obviamente esgotar as fontes.

D1 - "Arte de organizar e dirigir o Trabalho do homem e de utilizar os materiais e as energias da natureza em benefício da coletividade" ; por Thomas Tredgold em 1.828, conforme o prefácio da Ref. [10].

D2 - "Conjunto sistemático de conhecimentos e técnicas aplicadas ao projeto, à construção e à manutenção de estruturas materiais, quer se trate das edificações de natureza habitacional ou viária, funcional ou produtiva, quer se trate de máquinas - consideradas de per si ou reunidas em séries e "sistemas " - instrumentos, veículos, aparelhos"; conforme Ref. [9].

D3 - "Ciência de engenheiros, aqueles que traçam e dirigem, mediante aplicação da matemática, obras como vias férreas e de rodagem, portos, exploração de minas, pontes, edifícios, fortificações, etc" ; conforme Ref. [18].

D4 - "Planejamento, projeto, construção ou gerenciamento de maquinário, de estradas, de pontes, etc" ; conforme Ref. [19].

D5 - "Aplicação criteriosa dos conhecimentos obtidos nos campos das Ciências Exatas, Naturais, Humanas e Sociais, através da teoria, da experimentação e da prática no desenvolvimento de meios para a utilização econômica de recursos em benefício da humanidade" ; pela ABET (instituição estadunidense encarregada do credenciamento de cursos de Engenharia nos EUA) ; conforme Ref. [20].

D6 - "Profissão essencialmente dedicada à aplicação de um certo conjunto de conhecimentos, de certas habilitações, e de uma certa atitude à criação de dispositivos, estruturas e processos utilizados para converter recursos em formas adequadas ao atendimento de necessidades humanas" ;conforme Ref. [2].

D7 - "Arte de aplicar conhecimentos científicos e tecnológicos à criação de estruturas, dispositivos e processos que possibilitem converter recursos disponíveis na natureza em formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas " ; conforme Ref. [3].

D8 - "Ciência pela qual as propriedades da matéria e as fontes de energia da Natureza se tornam úteis para os homens na forma de estruturas, máquinas ou produtos" ; conforme Refs. [21, 22].

D9 - "Arte de aplicar conhecimentos científicos e empíricos e certas habilitações específicas à criação de estruturas, dispositivos e processos que se utiliza para converter recursos naturais em formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas" ; conforme Ref. [24].

D10- "Aplicação criativa de princípios científicos para projetar ou desenvolver estruturas, máquinas e dispositivos ou processos de fabricação; ou obras que as utilizam sozinhas ou combinadas, ou para construir ou operá-las com o pleno conhecimento de seu projeto, ou prever seu comportamento sob condições específicas de operação; tudo com respeito a uma função pretendida, economia de operação e segurança para a vida e a propriedade " ; pelo Conselho de Engenharia Para o Desenvolvimento Profissional dos EUA, conforme Refs. [23, 25].

D11- "Fabricação ou montagem de máquinas, ferramentas e peças de máquinas, inclusive instrumentos, medidas associadas e dispositivos de controle" ; adotada na Grã-Bretanha, conforme Ref. [23].

D12- "Ciência ou arte das construções civis e militares em terra ou no mar (inclui a construção de edifícios, fabrico de máquinas e aparelhos, levantamentos de plantas geodésicas, topográficas ou hidrográficas, abertura e lavra de minas, edificações de usinas, represas, etc)" ; conforme Ref. [26].

D13 - "Arte de construir e usar motores ou máquinas; arte de executar obras tais como as que são objetos da arquitetura civil e militar, nas quais maquinário é em geral empregado extensivamente" ; conforme Ref. [27].

D14- "Arte e ciência da profissão do Engenheiro" ; conforme Ref. [28].

D15- "Área do saber caracterizada por um conjunto sistemático de conhecimentos e habilidades aplicadas com engenhosidade e visão econômica, para organizar e dirigir o trabalho do Homem utilizando com parcimônia os materiais e as energias da Natureza em projetos que visem o benefício da coletividade " ; pelo autor em correspondência dirigida à ABENGE em julho de 1.989.

D16- "Profissão relacionada explicitamente ao planejamento científico, ao projeto, à criação e à operação econômica de estruturas físicas ou "máquinas " - estacionárias ou móveis, militares ou civis. É uma arte aplicada ou útil, diferente de uma arte fina; e potencialmente envolve a aplicação de dados factuais sistematizados por cada ramo da Ciência" ; conforme Ref. [11].

D17- "Arte de aplicar os conhecimentos científicos à invenção, ao aperfeiçoamento ou utilização da técnica industrial em todas as suas determinações " ; conforme Ref. [29].

D18- "Arte antigamente atribuída à defesa e ao ataque de lugares fortificados" ; conforme Ref. [30].

D19- "Arte ou ciência do engenheiro" ; conforme Ref. [31].

D20- "Arte de dirigir as grandes fontes de potência da natureza para o uso e conveniência do homem"; por Thomas Tredgold em 1.828, conforme Ref. [15].

D21- "Arte de fazer bem com um dólar o que qualquer picareta faz com dois, segundo uma sistemática"; por A.M. Wellington em 1.887, conforme Ref. [15].

D22- "Arte de organizar e dirigir homens e controlar as forças e os materiais da natureza para o benefício da raça humana" ; por Henry C. Stott em 1.907, conforme Ref. [15].

D23- " Ciência da economia e da conservação de energia cinética e potencial fornecida e armazenada pela natureza para uso do homem" ; por Willard A. Smith em 1.908, conforme Ref. [15].

D24- "Arte ou ciência de utilizar, dirigir ou instruir outros na utilização de princípios, forças, propriedades e substâncias da natureza na produção, fabricação, construção, operação e uso de coisas - - - ou de meios, métodos, máquinas, dispositivos e estruturas - - -"; por Alfred W. Kiddle em 1.920, conforme Ref. [15].

D25- "Prática da aplicação segura e econômica de leis científicas que governam as forças e os materiais da natureza por meio da organização, do projeto, e da construção para o bem geral da humanidade" ; por S.E. Lindsay em 1.920, conforme Ref. [15].

D26- "Atividade não só de trabalho puramente manual e físico que propicie a utilização dos materiais e das leis da natureza pelo bem da humanidade " ; por R. E. Hellmund em 1.929, conforme Ref. [15].

D27- "Ciência e arte do uso eficiente de materiais e forças - - - , ela envolve o projeto e a execução mais econômica - - - ; assegurando, quando aplicados adequadamente, a combinação mais vantajosa de precisão, segurança, durabilidade, rapidez, simplicidade, eficiência e economia possíveis para as condições de projeto e serviço" ; por J.A.L. Waddell, Frank W. Skinner e H.E. Wessman em 1.933, conforme Ref. [15].

D28- "Num sentido amplo - - - é aplicar Ciência de uma maneira econômica às necessidades da humanidade" ; por Vannevar Bush em 1.939, conforme Ref. [15].

D29- "Aplicação profissional e sistemática da Ciência na utilização eficiente dos recursos naturais para produzir riquezas " ; por T.J. Hoover e J.C.L. Fish em 1.941 conforme Ref. [15].

D30- "É o projeto de estruturas, máquinas, circuitos ou processos; ou da combinação desses elementos em sistemas ou indústrias e a análise e previsão de seu desempenho e de custos sob condições especificadas de serviço " ; por M. P. O'Brien em 1.954, conforme Ref. [15].

D31- "Onde os Engenheiros participam de atividades que tornam os recursos naturais disponíveis numa forma benéfica para o homem e propiciam sistemas que venham a funcionar otimamente e economicamente" ; por L.M.K. Boelter em 1.957, conforme Ref. [15].

D32- "Atividade em que se torna responsabilidade do engenheiro se preocupar com as necessidades sociais e decidir como as leis da Ciência podem ser melhor adaptadas através das obras de engenharia de modo que atenda àquelas necessidades" ; por John C. Calhoun Jr. em 1.963, conforme Ref. [15].

D33- "Profissão em que um conhecimento das ciências matemáticas e naturais, adquirido pelo estudo, pela experiência e pela prática; é aplicado com julgamento para desenvolver meios de utilizar economicamente os materiais e as forças da natureza para o benefício da humanidade" ; pelo Conselho de Engenharia Para o Desenvolvimento Profissional dos EUA em 1.963, conforme Ref. [15].

D34- "Arte profissional de aplicar ciência à ótima conversão de recursos naturais para o benefício do Homem" ; conforme Ralph J. Smith [15].

D35- " Ciência da transformação dos produtos da natureza em bens úteis ao homem" ; conforme o Eng. Hermes Ferraz, da Câmara de Engenharia Civil do CREA-SP em correspondência de setembro de 1.992 endereçada ao autor.

Após insistentes consultas a várias instituições ligadas à Engenharia no Brasil, não foi possível obter uma tal definição formal que fosse ostensivamente adotada e utilizada por essas instituições; entre elas o CONFEA - Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia; o SEESP - Sindicato dos Engenheiros do Estado de São Paulo; o IE - Instituto de Engenharia de São Paulo; e a ABENGE - Associação Brasileira de Ensino de Engenharia. O CREA-SP - Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do estado de São Paulo, embora não adote uma tal definição formal mediante uma resolução específica sua ou do CONFEA, sugeriu as definições D9 e D35 como aceitáveis.

Como se pode notar por essa extensa relação de definições formais, varia muito entre elas o estilo, a extensão, a clareza, a universalidade, a precisão e a aplicabilidade geral dos conceitos explicitados nelas; de modo que pudessem facilitar o seu entendimento, o seu ensino e sua aplicação em leis e normas.

Algumas consideram Engenharia como uma Arte (D1, D7, D9, D13, D17, D18, D20, D21, D22, D34); outras a consideram uma Ciência (D3, D8, D35); uma Ciência ou Arte (D12, D19, D24); uma Ciência e Arte (D14, D27); uma Profissão (D6, D16, D29, D33); ou então um Conjunto de Conhecimentos, ou uma Atividade, ou uma Prática, ou uma Área do Saber (D2, D5,

D15, D25, D26, D29, D31, D32).

Algumas dessas definições são pitorescas e de pouca utilidade prática (D11, D12, D17, D18, D21); outras muito sucintas, sem clareza e restritas (D4, D14, D18, D19, D21, D28, D30, D34, D35). Há porém aquelas que, de certo modo, refletem as características gerais da ENGENHARIA enfocando os mesmos conceitos de forma diferente; exemplos destas são D1, D5, D6, D7, D8, D9, D15, D20, D22, D25, D31, D33 e D34. Estas incluem as características que levaremos em conta na seção seguinte para formular a definição formal do autor.

Note que a definição D34 de Ralph J. Smith [15] foi formulada incorporando algumas das características gerais acima citadas.

## V - FORMULAÇÃO DA DEFINIÇÃO DO AUTOR

Considerando o(s) significado(s) etimológico(s) e histórico(s) embutido(s) no vocábulo ENGENHARIA; nossa própria intuição, experiência e prática da profissão; e as características explicitadas pelas definições mais aceitáveis e convergentes na opinião do autor; podemos concluir que nenhuma delas é ao mesmo tempo universal, explícita, clara, precisa e útil; cabendo a formulação de uma nova definição formal.

As palavras-chave e expressões que explícita ou implicitamente permeiam a maioria delas são: "Arte"; "Ciência"; "Aplicação de Ciência"; "Organizar e Dirigir"; "Utilização de Recursos Naturais"; "Segurança"; "Economia"; "Eficiência"; "Eficácia"; "Profissional"; "Preocupação Social"; "Otimização"; "Benefício da Humanidade ou da Sociedade"; e "Necessidades do Homem ou da Sociedade".

Daí, selecionamos os seguintes elementos essenciais para definir formalmente ENGENHARIA:

1 - É uma manifestação de criatividade, de engenhosidade, de talento, de espírito, de intuição, e de sentimento; caracterizando-se ainda marcadamente como uma ARTE e não como uma Ciência;

2 - O agente dessa área - o Engenheiro - obedece a códigos de comportamento, de julgamento na sua ação, e de habilidades e atitudes que são adquiridos através do ensino/aprendizagem e de treinamento; caracterizando-se portanto como uma área de atividade PROFSSIONAL;

3 - Cada vez mais a ação desse agente se baseia na APLICAÇÃO DE CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS através da GERÊNCIA DO TRABALHO DO HOMEM;

4 - São preocupações centrais da ação do Engenheiro a busca da EFICIÊNCIA, da EFICÁCIA, da SEGURANÇA, da ECONOMIA, e da OBJETIVIDADE em atender os INTERESSES e as NECESSIDADES do HOMEM e sua SOCIEDADE; que são os resultados finais esperados de sua ação;

5 - Ela envolve intrinsecamente utilização equili-

brada e parcimoniosa dos RECURSOS NATURAIS como os MATERIAIS, as ENERGIAS e o AMBIENTE.

Em [2] Krick criou um esquema da visão sintética de ENGENHARIA baseado nesses cinco elementos. Aqui o adaptamos na Figura 1.

Assim, considerando :

a) A boa estrutura das definições formais D1 de Thomas Tredgold, D5 da ABET /EUA; D15 do autor, D34 de Ralph J. Smith, entre outras;

b) Os cinco elementos essenciais acima identificados;

c) O esquema da visão sintética da Figura 1; chegamos à seguinte formulação :

"Engenharia é a arte profissional de organizar e dirigir o "trabalho do Homem aplicando conhecimento científico e utilizando, com parcimônia, os materiais e as energias da Natureza para produzir economicamente bens e serviços de interesse e necessidade da Sociedade dentro de parâmetros de segurança".

## VI - COMENTÁRIOS FINAIS

Existem hoje muitas modalidades de Engenharia, entre as mais modernas e menos clássicas estão a Engenharia Florestal, de Pesca de Materiais, de Alimentos, a Ecológica, de Computação e outras. Há nelas grande interdisciplinaridade quando comparadas com as mais tradicionais; requerendo por isso forte base científica, raciocínio abstrato, domínio de instrumentos metodológicos modernos como a modelagem, a computação, o uso de banco de dados, etc.; de modo que ficam cada vez mais difusas as fronteiras entre Ciência Pura / Ciência Aplicada / Engenharia e surge a necessidade imperiosa de distinguir com clareza e por razões de ordem prática e de legislação, sub-áreas tais como a Ciência de Materiais com relação à Engenharia de Materiais; a Ciência da Computação com relação à Engenharia da Computação; ou a Ciência de Alimentos com relação à Engenharia de Alimentos.

Uma definição formal, clara e objetiva com caráter universal para o vocábulo ENGENHARIA certamente contribui para que as referidas fronteiras sejam melhor identificadas, auxilia na definição de matérias pedagógicas essenciais para compor um currículo mínimo ou de referência para cursos da carreira de Engenharia, tornando mais claro o perfil do profissional correspondente que deve ser o de um agente transformador da Sociedade.

Hoje a Engenharia é menos Arte e mais Ciência do que antigamente, mas nunca deixará de exigir do agente dessa área de atividade humana a criatividade e engenhosidade sempre presentes naqueles que a exerceram ao longo da História.

Outra característica a ser ressaltada com relação a outras definições formais é a de que a utilização parcimoniosa dos materiais e das energias da Natu-

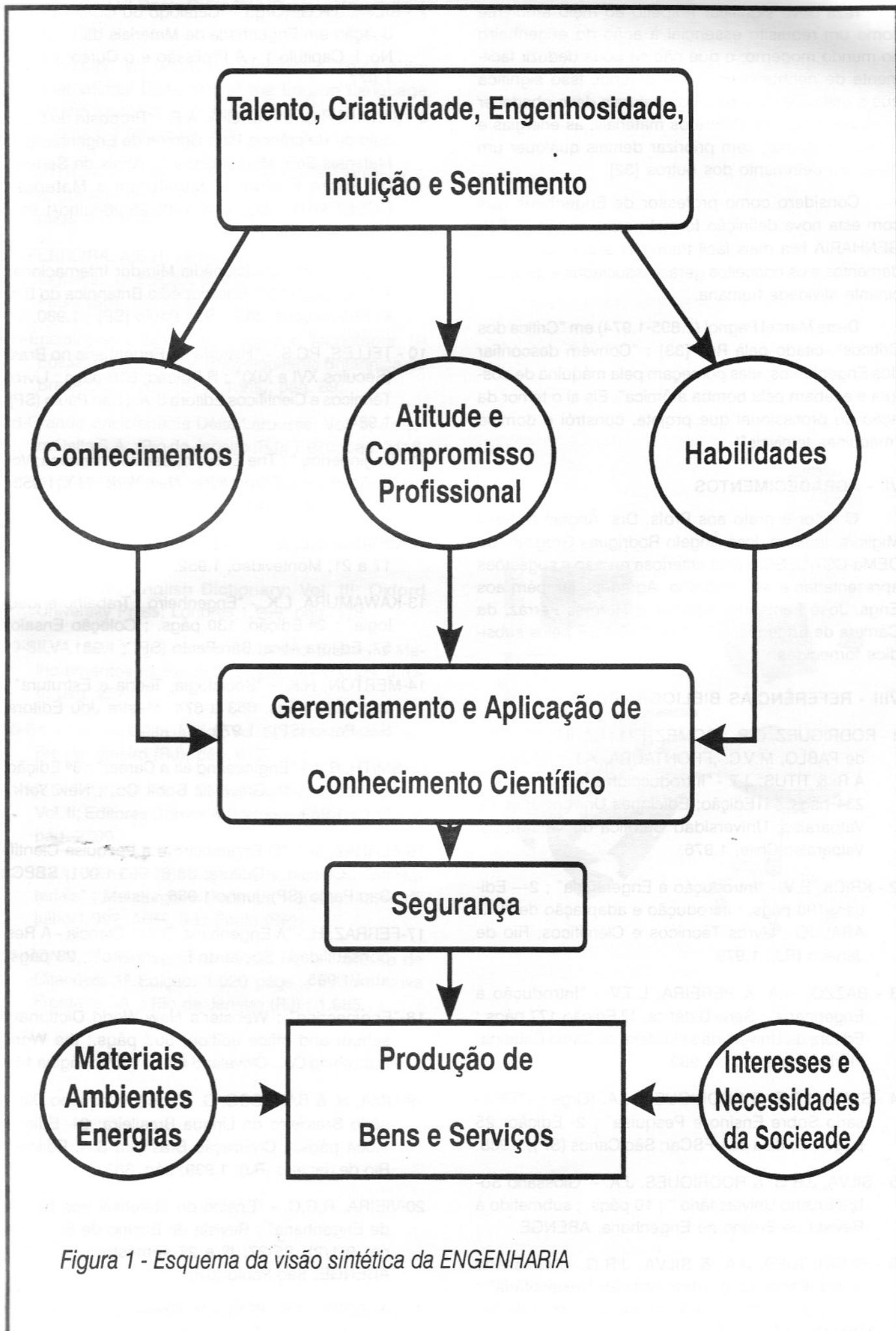


Figura 1 - Esquema da visão sintética da ENGENHARIA

reza deve significar respeito ao meio ambiente como um requisito essencial à ação do engenheiro no mundo moderno; o que não se pode deduzir facilmente de nenhuma definição anterior. Isso significa que a utilização dos recursos naturais deve obedecer a um certo equilíbrio entre os materiais, as energias e o meio ambiente; sem priorizar demais qualquer um deles em detrimento dos outros [32].

Considero como professor de Engenharia que com esta nova definição formal para o vocábulo ENGENHARIA fica mais fácil transmitir e ensinar os fundamentos e os conceitos gerais associados a essa fascinante atividade humana.

Disse Marcel Pagnol (1.895-1.974) em "Crítica dos Críticos", citado pela Ref. [33]: "Convém desconfiar dos Engenheiros; eles começam pela máquina de costura e acabam pela bomba atômica". Eis aí o temor da ação do profissional que projeta, constrói e domina "máquinas temíveis"!

## VII - AGRADECIMENTOS

O autor é grato aos Profs. Drs. Ângelo Rubens Migliore Junior e José Ângelo Rodrigues Gregolin, do DEMa-CCT/UFSCar pela criteriosa revisão e sugestões apresentadas a este trabalho. Agradece também aos Engs. José Fernando Martinez e Hermes Ferraz, da Câmara de Engenharia Civil do CREA-SP pelos subsídios fornecidos.

## VIII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - RODRIGUEZ, G.B. ; GOMEZ, F.M.; CARRILLO, A.D.; de PABLO, M.V.C. ;FRONTAURA, A.I. ; RAZEITO, A.R. & TITUS, J.T. - "Introducción a la Ingeniería" ; 234 págs. ; 1ª Edição; Ediciones Universitarias de Valparaiso; Universidad Católica de Valparaiso; Valparaiso/Chile, 1.976.
- 2 - KRICK, E.V. - "Introdução à Engenharia" ; 2ª Edição, 190 págs. ; introdução e adaptação de H. L. ARAUJO ; Livros Técnicos e Científicos; Rio de Janeiro (RJ), 1.979.
- 3 - BAZZO, W.A. & PEREIRA, L.T.V. - "Introdução à Engenharia" ; Série Didática, 1ª Edição; 177 págs.; Editora da Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis (SC); 1.988.
- 4 - SILVA, J.R.G. & RODRIGUES, J.A. (Orgs.) - "Glossário Sobre Ensino e Pesquisa" ; 2ª Edição; 25 págs. ; Gráfica da UFSCar; São Carlos (SP); 1.988.
- 5 - SILVA, J.R.G. & RODRIGUES, J.A. - "Glossário Sobre Ensino Universitário " ; 10 págs. ; submetido à Revista de Ensino de Engenharia. ABENGE.
- 6 - RODRIGUES, J.A. & SILVA, J.R.G. - "Glossário Sobre Pesquisa e Administração Universitária" ; 11 págs. ; submetido à Revista de Engenharia; ABENGE.
- 7 - SILVA, J.R.G. (Org.) - "Catálogo do Curso de Graduação em Engenharia de Materiais da UFSCar"; No. 1, Capítulo 1 - A Profissão e o Curso; pág. 1 ; 1.977.,
- 8 - SILVA, J.R.G. & PADILHA, A.F. - "Proposta de Currículo de Referência Para Cursos de Engenharia de Materiais Sem Modalidades " ; Anais do Seminário Sobre Ensino de Metalurgia e Materiais: COENSABM; págs. 132-140; 25-26/julho/1.991; São Paulo (SP).
- 9 - "Engenharia" ; Enciclopédia Mirador Internacional; Vol. 8, pág. 3.853, Enciclopédia Britannica do Brasil Publicações Ltda. ; São Paulo (SP) ; 1.980.
- 10 - TELLES, P.C.S. - "História da Engenharia no Brasil (Séculos XVI a XIX)" ; 1ª Edição; 510 págs.; Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. ; São Paulo (SP); 1.984.
- 11 - "Engineering " ; The Encyclopediad Americana; Vol. X; Americana Corporation; New York - N.Y.; 1.953 ; páginas 343 e 344.
- 12 - CHIANCONE, E. - "Historia de la Ingenieria"; págs. 17 a 21, Montevideo, 1.952.
- 13 - KAWAMURA, L.K. - "Engenheiro : Trabalho e Ideologia" ; 2ª Edição, 130 págs. ; Coleção Ensaios 57; Editora Ática; São Paulo (SP) ; 1.981.
- 14 - MERTON, R.K. - "Sociologia, Teoria e Estrutura" ; Cap. XIX, págs. 663 a 674; Mestre Jou Editora; São Paulo (SP) ; 1.970.
- 15 - SMITH, R.J. - "Engineering as a Career" ; 3ª Edição; 420 págs. ; McGraw-Hill Book Co. ; New York - N.Y. ; 1.969.
- 16 - FERRAZ, H. - "O Engenheiro e a Pesquisa Científica" ; Ciência e Cultura; 38(6) 993-1.001; SBPC;; São Paulo (SP). junho/1.986
- 17 - FERRAZ, H. - "A Engenharia Como Ciência - A Responsabilidade Social do Engenheiro" ; 23 págs.; abril/1.985.
- 18 - "Engineering" ; Webster's New World Dictionary, school and office edition; 507 págs.; the World Publishing Co. ; Cleveland-Ohio; 1.971; página 145.
- 19 - LIMA, H. & BARROSO, G. (Orgs.) - Pequeno Dicionário Brasileiro da Língua Brasileira; 2ª Edição; 1.084 págs. ; Civilização Brasileira S.A. Editora ; Rio de Janeiro (RJ); 1.939; pág. 381.
- 20 - VIEIRA, R.C.C. - "Ensino de Materiais nos Cursos de Engenharia" ; Revista de Ensino de Engenharia; 9(1/2); 25-27; 1º e 2º semestres de 1.990; ABENGE; São Paulo (SP).
- 21 - LAPEDES, D.N. (Ed.) - McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms; 2ª Edição;

- McGraw-Hill Book Co. ; São Paulo (SP) ; 1.969; pág. 542.
- 22-BENTON, W. (Publ.) - Webster's Third New International Dictionary of the English Language Unabridged; Vol. I; Encyclopaedia Britannica Inc.; Londres; 1.966; pág. 752.
- 23-BENTON, W. (Publ.) - Encyclopaedia Britannica; Vol. 8; Encyclopaedia Britannica Inc. ; Londres; 1.969; págs. 391 e 392.
- 24-FERREIRA, A.B.H. - Novo Dicionário da Língua Portuguesa; 1ª Edição; Editora Nova Fronteira; São Paulo (SP); 1.975; pág. 527.
- 25-Enciclopédia Exitus de Ciência e Tecnologia; 5ª Edição revista; Vol. V; Encyclopaedia Britannica do Brasil; São Paulo (SP) ; 1.980; pág. 69.
- 26-Grande Enciclopédia Delta Larousse; Vol. 5; Editora Delta S.A. ; Rio de Janeiro (RJ); 1.970; pág. 2416.
- 27-THATCHER, V. S. (Ed.) - The New Webster Encyclopedic Dictionary of the English Language; Vol. I; Grolier Inc. ; New York - N.Y. ; 1.970; pág. 289.
- 28-The Oxford English Dictionary; Vol. III; Oxford University Press; Londres;1.969; pág. 178.
- 29-SILVA, A.P. (Org.) - Novo Dicionário Brasileiro Melhoramentos Ilustrado; 3ª Edição revista; Vol. II (D-I); pág. 257.
- 30-Enciclopédia Delta Júnior; Vol. 5; Editora Delta S.A.; Rio de Janeiro (RJ); pág. 677.
- 31-MEDEIROS, M.F.S. - Dicionário Técnico Poliglota; Vol. II; Editores Gomes & Rodrigues; Lisboa; 1.949; pág. 2390.
- 32-SILVA, J.R.G. - "Reciclagem e Substituição de Materiais" ; Metalurgia e Materiais. 48(407). 427-432; julho/1.992; ABM; São Paulo (SP).
- 33-RONAI, P. - Dicionário Universal Nova Fronteira de Citações; 1ª Edição; 1.020 págs. ; Editora Nova Fronteira SA. ; Rio de Janeiro (RJ) ; 1.985.



## NOVOS PRINCÍPIOS E CONCEITOS DO PROJETO CURRICULAR PARA CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

M. N. Borges<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup>FUNREI  
 Depto de Eng. Elétrica  
 Praça Frei Orlando, 170  
 36.300.000 SJDR - MG  
 Tel: (032) 371.8300  
 Fax: (032) 371.8385  
 e-mail: cenen@csa.funrei.br

F. H. Vasconcelos<sup>2</sup>  
<sup>2</sup>UFMG  
 Depto de Eng. Elétrica  
 Av. Antônio Carlos, 6627  
 31.270.901 BH - MG  
 Tel: (031) 499.5481  
 Fax: (031) 499.5480  
 e-mail: fvas@cpdee.ufmg.br

**Resumo:** Este artigo apresenta novos princípios e conceitos relacionados com a elaboração curricular para cursos de graduação em engenharia. O artigo estabelece as bases filosóficas e descreve aspectos da Teoria dos Resultados do Aprendizado como sendo um suporte essencial para o desenvolvimento de uma abordagem pedagógica moderna e consistente que se contrapõe a abordagem existente. A estrutura curricular por disciplinas é analisada e taxada como peça central das dificuldades que os cursos de graduação enfrentam e que, ainda assim, tem sido pouco ou nada questionada. Elaborar-se, portanto, uma alternativa de estrutura curricular que pode facilitar a implementação de novos princípios e conceitos e, conseqüentemente, trazer avanços para os cursos de graduação. A proposta desenvolvida neste estudo é pautada no Planejamento Sistemático e contém um instrumento - um Sistema Especialista que incorpora esses princípios e conceitos - para auxiliar de forma prática os responsáveis pela elaboração do projeto curricular em engenharia.

**Palavras Chaves:** Ensino de Engenharia, Projeto Curricular, Sistema Especialista.

**Abstract:** This paper presents new principles and concepts concerning the design of curricula for engineering degree courses. It sets up the philosophical bases and outlines the Learning Outcomes Theory as being essential for the development of a new consistent pedagogical approach which is unlike the existent one in the engineering courses at its present form. The course structure, being so fragmented, is labelled as the core of the difficulties faced by the engineering courses yet, thus far, it has not been questioned. An alternative course structure is presented, which allows for the new principles and concepts, and consequently might bring advances for engineering education. The proposal is focused on the Systematic Planning Approach and brings an instrument - an Expert System which embodies the new principles and concepts - to pragmatically assist course designers in the development of their tasks.

**Key Words:** Engineering Education, Curriculum Design, Expert System.

### 1.1. INTRODUÇÃO

O ensino de engenharia no Brasil é hoje praticamente o mesmo dos anos 60 (Filho, 1995). Isso representa, para os educadores, um desafio angustiante diante de um cenário mundial que demanda uso intensivo de tecnologias e que exige profissionais altamente qualificados. Não se adequar a esse cenário procurando formar profissionais competentes e criativos significa ficar atrasado no processo de desenvolvimento científico e tecnológico. Os cursos de graduação em engenharia no Brasil têm procurado, através de reformas periódicas de seus currículos, equacionar esses problemas e modernizar seus cursos. Entretanto, por uma série de razões, alguns problemas fundamentais no planejamento e elaboração de currículos para a graduação têm permanecido sem solução (Borges et al, 1994).

O cenário delineado acima justifica e clama pela necessidade de modernização dos currículos dos cur-

sos de engenharia no Brasil. Vale ressaltar que essa mudança curricular se reveste de uma importância crucial, no momento em que conceitos como Interdisciplinaridade, Engenharia Concorrente, Reengenharia e Planejamento Sistemático são cada vez mais exigidos dos profissionais graduados no sentido desses profissionais se adaptarem aos novos paradigmas da sociedade moderna (Watson, 1992).

Ciente da importância da modernização dos cursos de graduação e em especial das engenharias e do papel destas no desenvolvimento científico e tecnológico do País, o governo lança o projeto PRODENGE (Projeto de Desenvolvimento da Engenharia) financiado por órgãos de fomento como a FINEP, CNPq e CAPES (Filho, 1995). Este projeto tem no seu bojo um programa especial denominado REENGE (Reengenharia do Ensino de Engenharia) através do qual se pretende financiar a modernização dos currí-

culos dos cursos de engenharia. O papel desse programa é adaptar os cursos de engenharia do Brasil aos novos paradigmas da atualidade (Pirro, 1994).

Projetar e implementar novos currículos para os cursos de graduação requer que tais cursos sejam elaborados dentro do Planejamento Sistemático (Beard, 1985; Davies, 1976) e que contemplem novos princípios e conceitos que hoje se impõem à sociedade moderna. Destaca-se aqui que esses cursos de graduação em engenharia deverão ter: estruturas flexíveis permitindo que o profissional a ser formado tenha opções de áreas de conhecimento e atuação; articulação permanente com o campo de atuação do profissional; uma base filosófica com enfoque na competência; uma abordagem pedagógica centrada no aluno; ênfase na síntese e na multidisciplinaridade; uma preocupação com a valorização do ser humano e preservação do meio ambiente; possibilidade de articulação direta com a pós-graduação e forte vinculação entre teoria e prática. Este artigo aborda as questões acima na ótica da elaboração curricular considerando aspectos filosóficos, princípios e conceitos do projeto curricular ao invés de considerar os conteúdos dos cursos de engenharia.

## 2.0 CONCEITO DE CURRÍCULO

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

**“Currículo é todo o conjunto de experiências de aprendizado que o estudante incorpora durante o processo participativo de desenvolver, numa instituição educacional, um programa de estudos coerentemente agregado”**

Nessa definição destacam-se três elementos fundamentais para o entendimento das propostas apresentadas neste artigo. Em primeiro lugar enfatiza-se, **todo o conjunto de experiências de aprendizado**, entendendo-se portanto que *Currículo* vai muito além da sala de aula e deve considerar as atividades de laboratório, biblioteca, visitas técnicas, assembléias, eventos científicos entre outras que o aluno experimenta ao longo do seu curso. Haja visto que movimentos no sentido de ampliar as atividades curriculares dos alunos têm crescido com a proposição de projetos formais como o Programa Especial de Treinamento da CAPES (PET) que visa ampliar os horizontes de formação dos profissionais incluindo, além das técnicas, atividades culturais, políticas e sociais desenvolvidas pelos alunos ao longo do curso de graduação.

Em segundo lugar é preciso explicitar o que se quer dizer com o conceito, **processo participativo de desenvolver....** É sabido que uma das falhas do ensino superior reside na atitude passiva dos alunos em receber de seus professores os conteúdos ministrados no tradicional sistema “cuspe e giz”. A abordagem centrada no professor, na qual ele professor transmite conhecimentos cumprindo uma Ementa e um Plano de Curso dentro de uma certa Carga Horária, se não está ainda totalmente falida, tem demonstrado ser pouco eficaz. O aprendizado só se consolida se o estudante desempenhar um papel ativo de construir o seu próprio conhecimento e experiência, ainda que com a orientação e participação do professor. O papel de cada um, estudante e professor, num processo de ensino/aprendizado moderno é desenvolvido no item 4 abaixo.

Finalmente o terceiro elemento na definição de Bantock que é preciso ser entendido cuidadosamente diz: **um programa de estudos coerentemente agregado.** Sabe-se que a organização dos cursos em estrutura por disciplinas trouxe sérias conseqüências para a qualidade dos cursos de graduação e dos profissionais por eles formados (Schwartzman, 1988). Nas reformas curriculares ocorridas nessas últimas décadas pouco ou nada tem sido feito no que diz respeito a organização dos cursos por disciplinas isoladas. Tal organização, introduzida pela Reforma de 1968 (MEC, 1969), fragmentou o conteúdo alocando créditos a cada fragmento (o chamado Sistema de Créditos). Isto, sem levar em conta sua integração do ponto de vista pedagógico e muitas vezes até mesmo de conteúdo (por um lado repetição de tópicos em disciplinas diferentes e por outro, tópicos as vezes de suma importância, não ministrados no decorrer do curso em nenhuma disciplina). Essa falta de integração entre as disciplinas que compõem as estruturas curriculares tem acarretado sérios danos ao processo de aprendizagem, ficando a cargo do exercício intelectual extra do estudante ligar os diversos fragmentos que compõem o curso. Esses fragmentos tornam-se, na realidade dos alunos, obstáculos a serem vencidos e o próprio curso de graduação transforma-se numa “corrida de obstáculos” em cujo final o aluno recebe um certificado por ter sido capaz de vencer esses obstáculos num tempo aceitável sem ter desistido no caminho. Essa discussão leva ao questionamento do próprio conceito do que vem a ser um Curso de Graduação.

## 3.0 CONCEITO DE GRADUAÇÃO

Tradicionalmente, a graduação tem sido a referência em torno da qual o sistema educacional tem sido montado no Brasil e em outros países. Tanto que, ao concluí-lo o estudante pode se candidatar a um curso de PÓS-GRADUAÇÃO e durante o segundo grau, corretamente ou não, o estudante é preparado para o Vestibular - exame de entrada na GRADUAÇÃO. Existe ainda a visão de que os bons cursos de 2º grau são

aqueles que mais aprovam no Vestibular, alimentando assim a graduação. Apesar desse papel importante que a graduação desempenha, a noção do que ela representa não tem sido muito clara.

Mas há um consenso!? As vezes é dito que a graduação é importante para o País, porque forma profissionais qualificados, e para a Formação do Cidadão porque invoca-se o conceito amplo de educação. Se este consenso existe, na atual conjuntura do País e considerando o cenário já delineado, então pressões como: a) Aumentar a gama de qualificação dos profissionais; b) Reduzir os custos da formação desses profissionais; e c) Manter a qualidade; certamente começam a atuar de forma irreversível sobre o processo educacional e sobre os educadores. E a menos que seja possível definir mais claramente e publicamente o que a graduação representa, um desses elementos vai, inevitavelmente, ter de ceder espaço! Nesse caso a qualidade é a mais ameaçada devido à sua própria natureza, difícil de ser mensurada e com resultados visíveis só a longo prazo. Isso requer uma atenção redobrada pois, dada a essa natureza, se algo errado ocorrer, quando for dectado seu resultado, já será tarde demais.

É relevante lembrar aqui o pensamento de McNair (em Otter, 1992) "Se a graduação vale a pena ser defendida, também vale a pena ser definida". Nesse sentido retorna-se aqui à visão que prevalece na atualidade, atribuindo à graduação uma definição totalmente voltada para o *Processo*, ou seja, graduação é o período (de 3, 4 ou 5 anos) durante o qual o aluno tem que saltar todos os obstáculos para, se resistir até o final, receber um certificado de conclusão. Essa visão não se preocupa em delimitar com clareza o que é que este aluno tem que ser capaz de demonstrar depois de atingir o final dos obstáculos - releva-se, nessa abordagem, o aprendizado. Este artigo propõe, dentro da construção de novos princípios e conceitos, que se volte mais para a abordagem que define a graduação como um horizonte bem delineado a ser alcançado pelo aluno através do desenvolvimento de mecanismos que o permitam chegar a este horizonte. Ao atingir esse horizonte, novos horizontes vão se descortinar mostrando que a educação é um processo continuado e não existe a figura do profissional pronto e acabado. O diagrama abaixo tenta mostrar essa mudança de enfoque na definição da graduação.



Figura 1 - Mudança desejada no conceito de graduação.

A mudança de enfoque assume duas premissas básicas:

- O aprendizado é o propósito central do ensino superior (graduação);

- A medida (avaliação) desse aprendizado pode ser melhor alcançada pela descrição de um elenco de

resultados.

#### 4.ABORDAGEM PEDAGÓGICA

Para se fazer uma análise mais criteriosa das abordagens pedagógicas (existente e proposta) é importante observar a figura 2 abaixo. Verifica-se facilmente que os cursos de graduação no Brasil, em sua maioria, são: **baseados em conhecimento, com enfoque no conteúdo e centrado no professor**, opção indicada em negrito no diagrama. Existem sérias restrições quanto a essa abordagem. O conhecimento pelo conhecimento não tem sentido e sua transmissão do professor para o aluno pouco contribui para a formação do profissional e do cidadão. O conteúdo é um produto perecível e que muda muito rapidamente, especialmente na engenharia. Centrar a abordagem pedagógica no professor - o detentor do conhecimento - como aquele que vai transmiti-lo para os alunos que irão receber esse conhecimento de forma passiva, já provou ser uma fórmula falida. Não é mais aceitável, nas proximidades do terceiro milênio, que os estudantes sejam vistos como "armazéns" nos quais serão depositados "sacos de conteúdo perecível". Atividade esta desempenhada pelo professor que pouco percebe o que esses estudantes serão capazes de fazer com este conteúdo que recebem de forma passiva - sem participar do processo de construção do conhecimento.

O que se propõe como alternativa a essa abordagem desgastada e pouco eficaz é uma mudança para uma **abordagem baseada na competência** (do profissional e cidadão a ser formado na graduação), **com enfoque nos resultados do aprendizado e centrado no aluno** (veja diagrama). Sendo um elemento participativo, capaz de construir o conhecimento a partir de uma relação de ensino/aprendizado eficaz desenvolvida com o professor, o aluno pode se tornar um profissional com conhecimento, habilidades e atitudes que o preparariam para: a) atuar de forma responsável e criativa no contexto vigente, b) influir no seu aperfeiçoamento e c) enfrentar os desafios das mudanças que se apresentam. Essa abordagem proposta se baseia na Teoria dos Resultados do Aprendizado (Learning Outcomes - Otter, 1992).

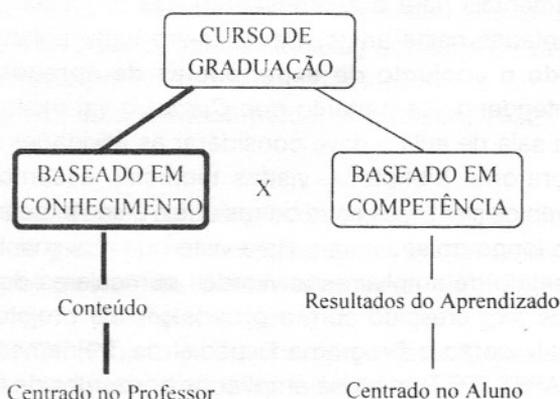


Figura 2 - Contraste entre diferentes enfoques dados aos cursos de graduação em engenharia.

## Teoria dos Resultados do Aprendizado

Enfatiza-se que os cursos de graduação em engenharia das universidades brasileiras são, em tese, orientados pela abordagem por "Objetivos". Para cada unidade do curso (disciplina, matéria) devem ser estabelecidos objetivos que o aluno presumidamente irá alcançar. Na prática, o que se verifica é que, na elaboração dos currículos atualmente em vigor, esses objetivos não foram explicitados. Portanto, no momento em que as disciplinas são oferecidas, o professor responsável pela mesma se vale de sua experiência prévia e interpreta quais seriam esses objetivos e faz o programa de curso. Nesse sentido, o curso como um todo fica sem uma articulação global. Como também não foi previamente definido nenhum esquema de avaliação em consonância com os objetivos da unidade, fica difícil a verificação se os mesmos foram cumpridos.

Por outro lado, a abordagem por "Resultados" é conceitualmente mais avançada. Resultados do Aprendizado são declarações sobre o que o estudante tem de *ser capaz de demonstrar* para concluir uma unidade do curso. Nessa teoria, descreve-se as unidades do curso como sendo um conjunto finito e coerente de Resultados do Aprendizado, que devem ser escritos de tal forma que qualquer interessado possa ter uma percepção comum da essência do curso e das exigências requeridas para que o aluno seja aprovado. Alguma "valor" seria então creditado ao estudante que demonstrasse com sucesso ter alcançado o conjunto de Resultados do Aprendizado. Como exemplo:

**Aplicar** as leis básicas da teoria de circuitos na solução de problemas de circuitos elétricos e eletrônicos.

Sendo a base do projeto curricular, a teoria dos Resultados do Aprendizado se fundamenta na necessidade de levar o processo de modernização e racionalização da graduação para o ponto onde irá criar impacto direto na capacitação e competência do estudante (engenheiro a ser formado).

Essa teoria corretamente aplicada nos cursos de graduação traria os seguintes benefícios:

- Tornar explícito os valores acadêmicos, pedagógicos e profissionais de cada unidade;
- Evitar ambigüidades;
- Interação Resultados do Aprendizado-Avaliação-Estratégias de Ensino/ Aprendizado;
- Melhor comunicação Estudante e Estudante; Estudante e Professor; Professor e Professor;
- Maior individualização do processo de aprendizagem.

Existe uma clara e explícita articulação entre os elementos **Resultados do Aprendizado**, o **Esquema de Avaliação** e as **Estratégias de Ensino/Aprendizado**. A avaliação deve ser elaborada para verificar se o

aluno efetivamente demonstrou cada um dos "Resultados" de cada unidade do curso em particular. As estratégias de ensino/aprendizado devem ser elaboradas para possibilitar ao estudante a demonstração dos Resultados do Aprendizado. Os três elementos devem ser explicitados no momento da elaboração do currículo. Tendo em vista que com estratégias de ensino/aprendizado adequadamente planejadas, a aula expositiva tradicional perde, notadamente, a sua importância nas atividades de ensino, outras atividades (principalmente as de grupos) ganham relevância, possibilitando que o professor possa participar de um maior número de unidades do curso.

Como um ponto ainda a ser considerado, é preciso destacar que, tendo em vista a relevância que adquire nessa proposta, a avaliação deve ser criteriosamente estabelecida. Para isso, é preciso classificar os Resultados do Aprendizado em termos de conhecimentos, habilidades e atitudes para que possam ser definidos os componentes da avaliação (provas escritas, trabalhos práticos, estudos de casos, exame oral, entre outros) para o conjunto de "Resultados" a ser demonstrado. Cumpre ressaltar que o caráter formativo da avaliação deve ser enfatizado em detrimento da simples integralização das notas. A integração entre os três elementos básicos dessa abordagem é representada no diagrama abaixo.

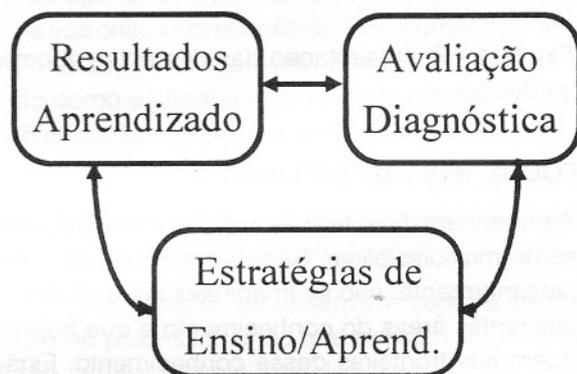


Figura 3 - Integração entre elementos básicos do projeto curricular.

Em face das definições acima, diz-se que a abordagem pedagógica em vigor é baseada nos conteúdos, enquanto que a abordagem ora proposta é baseada na demonstração dos Resultados do Aprendizado. Aqui, vale lembrar, não se pretende eliminar os conteúdos do currículo, mas apenas tratá-los como algo dinâmico, precíval e, portanto substituível, que comparece nas unidades de curso de forma a permitir ao aluno a demonstração da essência do curso - os Resultados do Aprendizado.

Essa abordagem baseada nos Resultados do Aprendizado assume, na participação ativa do aluno durante seu curso que o mesmo tem maturidade suficiente para ser o principal responsável pelo próprio processo de formação. Há portanto uma mudança conceitual que pode ser vista na figura 4 a seguir.

Resumidamente pode-se apresentar os pontos-chaves da abordagem pedagógica proposta através dos itens abaixo:

- Identificar o conjunto dos Resultados do Aprendizado.
- Estabelecer quais são as evidências aceitáveis de que estes resultados foram atingidos.
- Elaborar uma estratégia de avaliação baseada no que são evidências aceitáveis.
- Decidir quais tipos de experiências de ensino e aprendizagem irão assegurar que os estudantes serão capazes de produzir as “evidências aceitáveis” requeridas.

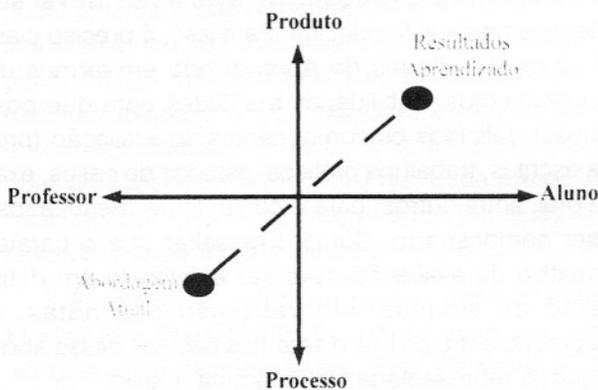


Figura 4 - Representação das diferentes abordagens pedagógicas.

### 5. ENFOQUE MULTIDISCIPLINAR

A engenharia hoje tem se tornado interdisciplinar ou mesmo multidisciplinar. São diversos os exemplos onde, anteriormente, não se imaginava tanta afinidade entre diferentes áreas do conhecimento e que hoje se constituem nas fronteiras desse conhecimento. Estão sob nossos olhos exemplos como: a medicina e a tecnologia, a filosofia e a computação, a engenharia e a biologia, isso para citar apenas alguns. As diversas áreas de atuação dos profissionais de engenharia formados na graduação exigem que esses profissionais tenham uma elevada Formação Humanística, que lutem pela Valorização do Meio-Ambiente, que dominem pelo menos uma Língua Estrangeira (Inglês), que entendam de Relações Humanas, que tenham sólida noção de Gerenciamento e que saibam se Comunicar de forma escrita, gráfica e verbal usando os diversos recursos de comunicação, em especial o computador (Internet). É necessário que os profissionais das diversas áreas sejam tecnologicamente “alfabetizados”.

Dos engenheiros do século XXI vai-se exigir, muito menos em domínio do conteúdo de suas áreas de atuação e muito mais de sua atitude e capacidade em: Resolver Problemas, Tomar Decisões, Trabalhar em Equipe e Se Comunicar. Isso é o que se entende

por uma abordagem baseada na competência, formando na graduação profissionais capazes de enfrentar os desafios que o cenário atual e futuro a eles impõe e que, portanto, tem na sua natureza intrínseca de profissional competente as características de ser: Flexível, Adaptável, Criativo e Crítico.

### 6. ESTRUTURAS CURRICULARES

Um outro ponto importante da proposta está relacionado com a estrutura curricular, que aqui significa o arcabouço no qual se arranjarão as unidades do curso (disciplinas, módulos, entre outros) para compor o Currículo. Para que a nova abordagem pedagógica seja implementada em sua plenitude e para que os vários aspectos de um Currículo moderno se tornem possíveis, propõe-se que seja adotada uma estrutura alternativa à estrutura por disciplinas. É interessante observar que, dada a sua natureza fragmentária e rígida, a estrutura por disciplinas praticamente inviabilizaria esses aspectos no novo currículo. Propõe-se que seja analisada a possibilidade de implementar a estrutura modular.

No contexto curricular, módulo é uma área particular de estudos, constituída de um conjunto de “Resultados do Aprendizado”, que não demanda pré-requisitos específicos para que o aluno possa se matricular. Esta característica possibilita um aumento da flexibilidade por parte do aluno no momento da elaboração do seu Programa Individual de Estudos (PIE). Para que a estrutura possa ser facilmente gerenciável sugere-se que módulos típicos sejam definidos: os Módulos Simples que teriam duração de cerca de um semestre, englobando atividades diversas (aulas, atividades em grupo, atividades independentes). Módulos Duplos (semestrais ou anuais) e Quádruplos (anuais) seriam também aceitáveis. Outras possibilidades, ainda que teoricamente possíveis, não seriam administrativamente recomendáveis.

É interessante observar que o módulo permite que seja promovida a flexibilização entre diferentes níveis de estudos (graduação / pós-graduação) abrindo várias possibilidades em termos de melhor utilização de recursos e mesmo para encorajar a troca de experiências entre alunos. Para concluir esta etapa de estudos (graduação) o aluno deve completar um certo número de módulos que podem ser organizados em diferentes níveis. Os módulos devem ser elaborados em consonância com a meta do curso e, com base no elenco de Resultados do Aprendizado. Devido à característica gerenciável desta estrutura, módulos poderiam ser criados e extintos em função dos interesses do curso e o dinamismo da modernização do conteúdo.

Qualquer que seja a estrutura de curso utilizada é importante que a mesma tenha as seguintes propriedades:

danças

- Flexibilidade
- Dinamismo
- Opção (personalizar a formação)
- Facilitar a avaliação e revisão
- Articulação com a pós-graduação ou outros certificados
- Economia de escala
- Ênfase nas idéias ao invés de mecanismos.
- Visão integradora ao invés de fragmentária.
- Quebra de barreiras ao invés de seqüência de obstáculos (interweaving).

## 7. PLANEJAMENTO CURRICULAR

Para que o Projeto Curricular seja bem sucedido na sua concepção, elaboração e implementação é vital que o *Currículo* seja visto como um sistema no qual as diversas variáveis têm que ser analisadas e tratadas em conjunto. Existem diferentes alternativas para o planejamento curricular propostas na literatura específica (Beard, 1985; Davies, 1976), quais sejam:

- ☛ Planejamento "Expedient";
- ☛ Planejamento "Piecemeal";
- ☛ Planejamento "Systematic".

A experiência tem demonstrado que nossas instituições, no momento em que se dispõem a elaborar um novo currículo (ou reformar os existentes), adotam uma abordagem não integrada (Planejamento "Piecemeal") que tem sido motivo de severas críticas na literatura correlata (Beard, 1985). Quando se planeja uma mudança curricular a prática tem sido de, em consulta aos respectivos docentes responsáveis por cada disciplina, definir os conteúdos relevantes a estas disciplinas. Só então, tenta-se acomodar esses conteúdos dentro da estrutura tradicional e nos prazos disponíveis, conseqüentemente juntando partes individuais para formar o todo de dentro para fora. Isto, para se ater a essência da questão, acarreta dois problemas fundamentais. O primeiro é a tensão e o conflito gerado por tal abordagem na medida em que cada área tenta definir extensos conteúdos (ou para cobrir os diversos tópicos em expansão e evolução ou para ganhar espaço e prestígio no curso). O segundo, pelo fato de que tais conteúdos são definidos isoladamente uns dos outros causando a fragmentação e dificultando o fluxo natural do conteúdo dentro do curso como um todo. Essa prática vigente carece de dois elementos vitais nos princípios que regem a elaboração adequada de currículos. Um é relativo a falta de participação de setores da sociedade (na discussão das políticas e) na identificação dos conteúdos. Setores estes com os quais os estudantes estarão se vinculando profissi-

onalmente quando graduados ou mesmo como estagiários ainda durante o curso. O segundo elemento primordial nesse contexto e que tais conteúdos são definidos sem considerar questões intrinsecamente correlatas tais como Métodos e Técnicas de Ensino e Aprendizagem, Sistema de Avaliação e recursos disponíveis ou necessários (leia-se: laboratórios, biblioteca, treinamento docente e técnico, entre outros).

Este segundo elemento é que lança as bases para que se argumente em favor da necessidade de uma mudança de postura em relação aos currículos para graduação. Sugere-se a adoção do Planejamento Sistemático em detrimento da abordagem por partes (Planejamento "Piecemeal") já flagrado por Schwartzman em 1988 (Schwartzman, 1988), e por ele taxado como sina para o sistema educacional brasileiro para anos vindouros. Em outras palavras, defende-se aqui uma abordagem ordenada, metódica, impessoal e científica para o tratamento dos currículos nos mesmos termos em que são tratados os conteúdos da própria engenharia em cada disciplina. Não parece coerente defender o uso da metodologia científica para aplicação no conteúdo do curso por um lado e, por outro, abordar as questões curriculares com uma postura simplória, imediatista e desvinculada.

Beard (1985), que critica alguns aspectos do Planejamento Sistemático, é muito mais contundente na sua crítica em relação ao Planejamento "Piecemeal". Portanto, o Planejamento Sistemático é aqui defendido como a alternativa que melhor contempla as questões curriculares pelas seguintes razões:

- a complexidade e extensão de um Projeto Curricular (a grande variedade de parâmetros envolvidos que precisam ser abordados);
- os estágios de desenvolvimento a serem seguidos no processo, ainda que possam ser discretizados, são intrinsecamente interrelacionados;
- é a abordagem recomendada por alguns especialistas em planejamento curricular para graduação como por exemplo Carter (1984).

No que diz respeito ao projeto curricular o Planejamento Sistemático pressupõe que:

- a definição clara e consensual das metas (premissas filosóficas e políticas) do programa de estudos pode e deve ser estabelecida "a priori";
- uma metodologia que defina claramente os procedimentos a serem seguidos para se alcançar essas metas pode ser concebida;
- a concepção e implementação do projeto curricular são integradoras na medida em que as variáveis envolvidas são consideradas e tratadas como um todo;
- o processo de execução do que foi planejado é monitorado, avaliado e pode ser aperfeiçoado.

Sugere-se aqui, para minimizar as críticas ao Planejamento Sistemático, que os meios e recursos disponíveis sejam avaliados durante o processo de planejamento sem, no entanto, permitir que a carência dos mesmos previna a decisão correta de ser tomada.

## 8. EXPERIÊNCIAS EM VIGOR E ALTERNATIVAS PARA PROJETAR NOVOS CURRÍCULOS

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

Tendo discutido os diversos aspectos do projeto curricular nas sessões anteriores, verifica-se que a proposta aqui desenvolvida caracteriza como atividades bastante distintas o que hoje se pratica nos cursos de graduação - entendido por Reformas Curriculares - em relação ao desejável para a modernização desses cursos - entendido com Novos Currículos.

### Novos Currículos

X

### Reformas Curriculares

Os autores entendem que a proposição de Novos Currículos para os cursos de graduação em engenharia, os quais contemplem os princípios e conceitos acima explicitados, representa uma alternativa consistente e pedagogicamente adequada para quebrar o atual círculo vicioso dos cursos de engenharia. Por esse círculo vicioso entende-se os altos índices de reprovação, que implicam em uma desmotivação acentuada dos estudantes, que por sua vez repercute no elevado número de evasões, causando nas instituições públicas um desperdício do recurso público taxado hoje de "baixa eficiência" dessas instituições pelo próprio MEC. Esse efeito é também indesejável nas instituições privadas pois representam um investimento em infraestrutura e recursos humanos (docentes e técnicos) que não traz retorno. Enfim, representa num contexto mais amplo, um aborto na formação de profissionais e cidadãos com educação formal adequada de que o País é tão carente.

Por outro lado, adotando-se a proposta de elaboração de Novos Currículos as instituições estariam criando o "círculo positivo". Uma alternativa para motivar os estudantes da graduação, o que por sua vez (somada a outras características dos Novos Currículos) resultaria em uma diminuição dos índices de reprovação que teria como consequência um reflexo também na diminuição da evasão. Aspecto esse já observado nas experiências acima citadas do Chile (Universidade

de Atacama) e USA (Carnegie-Mellon).

Acresce-se a isso o fato de que já existe disponível, ainda que na forma de um instrumento de pesquisa, um "pacote computacional" para elaboração curricular que contempla os princípios e conceitos analisados neste artigo. Sendo um Sistema Especialista (instrumento da Inteligência Artificial), esse pacote é de fácil uso, com interface amigável e que leva em conta o contexto da instituição para a qual se deseja projetar um novo currículo utilizando-se dos princípios e conceitos discutidos neste trabalho. O Sistema Especialista é um mecanismo de auxílio à tomada de decisão no processo de elaboração curricular que garante uma metodologia de desenvolvimento dessa atividade dentro do Planejamento Sistemático e que apresenta alternativas consistentes para a decisão final dos responsáveis pelo projeto curricular (Borges et al, 1993).

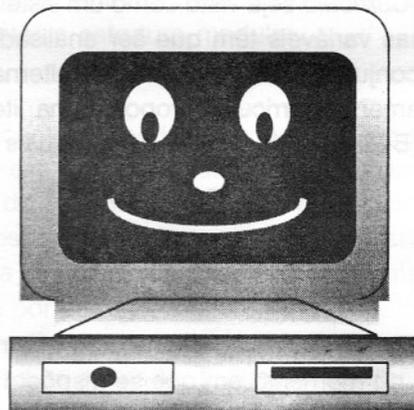


Figura 5 - Sistema Especialista em Projeto Curricular.

## 9. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou princípios e conceitos relativos ao projeto curricular para cursos de graduação em engenharia que, embasados numa análise cuidadosa do contexto atual e fundamentados em novas teorias educacionais representam uma alternativa consistente para o avanço do ensino de engenharia no Brasil. Verifica-se que é preciso definir claramente o que é a graduação dentro de uma proposta de modernização do ensino superior, caracterizando adequadamente - inclusive - o que vem a ser o próprio conceito de *Currículo* nessa abordagem.

Tomam-se como premissas básicas da argumentação apresentada que o aprendizado e sua avaliação são os focos do projeto curricular. A partir dessas premissas propõe-se uma abordagem pedagógica inovadora que se contrapõe àquela existente e praticada na maioria dos cursos de engenharia do Brasil. Para o

tou-se também novas metodologias de desenvolvimento curricular, como formas de auxiliar os elaboradores de currículos de cursos de graduação a implementarem - na prática - os conceitos e princípios defendidos neste trabalho, os quais já estão sendo utilizados, com sucesso, nos novos projetos curriculares de diversas instituições de ensino superior em outros países.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bantock, G. H. (1980) *Dilemmas of the Curriculum*, Martin Robertson, Oxford.

Beard, R.M. and Hartley, J. (1985) *Teaching and Learning in Higher Education*. London: Harper and Row.

Borges, M. N. et al (1994) An Expert System Approach to Curriculum Development in Engineering Education. *European Journal of Engineering Education* vol 19(2), pp. 175-189.

Borges, M. N. et al (1993) A Framework for Building a Knowledge-Based System Using Several Experts - With an Application for Curriculum Design of Engineering Degree Courses. *Proceedings of the Fifth International Conference on Human-Computer Interaction*, vol 2(B), pp. 344-349.

Carter, R.G. (1984) Engineering Curriculum Design. *IEE Proceedings A* 131(9), pp. 678-683.

Davies, I.K. (1976) *Objectives in Curriculum Design*. London: Mc Graw Hill Ltd.

Filho, J. M. (1995) Mudar os Cursos de Engenharia. *Revista Ciência Hoje*, vol. 19, nº 112, pp. 51-53.

Longo, W. P. (1994) "Reengenharia" do Ensino de Engenharia: Uma Necessidade. Projeto Prodenge. Finep, CNPq e Capes.

Ministério da Educação e Cultura - MEC (1969). *Reforma Universitária 1968-1969*. Brasília.

Otter, S. (1992) *Learning Outcomes in Higher Education*. A Development Project Report. UDACE, Employment Department

Schwartzman, S. (1988) Brazil: Opportunity and crisis in higher education. *Higher Education* 17(1), pp. 99-119.

Watson, G. F. (1992) Refreshing curricula. *IEEE Spectrum* March 1992, pp. 31-35.



## A DINÂMICA NA ENGENHARIA MECÂNICA

Hans Ingo Weber

Prof. Titular, Universidade Estadual de Campinas  
 Prof. Visitante, Pont. Univ. Católica do Rio de Janeiro  
 hans@mec.puc-rio.br

**Resumo.-:** Apresenta-se a Dinâmica como uma das áreas de relevância na Engenharia Mecânica: dadas as atuais prioridades no projeto mecânico, um melhor entendimento do sistema a ser analisado só será possível conhecendo-se bem sua Dinâmica. Apresenta-se neste trabalho os passos relevantes para o futuro e as prioridades brasileiras nesta área. Finalmente faz-se uma proposta para disciplinas de graduação e pós-graduação.

**Abstract.-:** Dynamics is presented as a main area of Mechanical Engineering: due to the actual priorities in engineering design, most part of the analysed systems will comprise a better understanding of the overall Dynamics. The usual steps to perform the dynamical modeling is presented and exemplified. Important aspects for the future are discussed, as well as the brazilian priorities in this area. Finally there is made a proposition of what should be lectured in undergraduate and graduate levels.

### DA CRESCENTE IMPORTÂNCIA DA DINÂMICA

No âmbito da Engenharia Mecânica o entendimento que se associa ao conceito DINÂMICA tem mudado bastante ao longo de nossa vida profissional: sua definição tornou-se mais abrangente, deixando de ser meramente uma disciplina de apoio na formação do engenheiro, para indicar toda uma filosofia de estudo na abordagem de problemas de engenharia. A DINÂMICA procura entender o comportamento de um sistema, após o que é possível avaliar como este sistema reage aos estímulos aos quais é submetido. Assim, com a sofisticação das ferramentas numéricas disponíveis, a relevância da DINÂMICA é inquestionável, seja na fase de projeto, de fabricação, de operação ou de manutenção de um equipamento. Numa época em que a simulação a nível de realidade virtual substitui uma parte daquilo que se fazia por tentativa e erro, a certeza das ações, apoiada em uma modelação correta do sistema real, é premissa para qualquer ação de projeto; o contínuo barateamento do suporte computacional transforma-o em uma ferramenta imprescindível para a operação de qualquer sistema mecânico mais complexo.

A oportunidade de um enquadramento correto desta disciplina no contexto da formação de um engenheiro é inquestionável: onde quer que se olhe reavaliam-se os currículos das modalidades de engenharia, questiona-se as próprias modalidades tradicionais em função das novas áreas interdisciplinares, como a mecatrônica (que reúne a mecânica, a eletricidade e a informática), procura-se novos caminhos para revestir as engenharias como um novo charme. Ao mesmo tempo vê-se um recrudescimento de novos textos para acompanhar as diversas disciplinas da área, como há mais de uma década não se tinha visto. A bibliografia que estamos apresentando é bastante atual, acompanhando o enfoque deste artigo, mas consti-

tui apenas uma pequena fração do que realmente existe de aceitável no mercado.

### OBJETIVOS DA DINÂMICA

*Em um Projeto Novo:* Ao procurar transformar um conceito em um projeto, é através da DINÂMICA que se visualiza o movimento de todas as partes do sistema, as forças atuantes, as limitações a serem observadas. Por uma representação virtual é possível ver o sistema em operação; pela simulação numérica tem-se a quantificação necessária para viabilizar fisicamente a intenção de projeto.

*Na Otimização de um Projeto:* Ao longo deste século grande parte as máquinas e equipamentos passou por um violento processo de otimização, não só aproveitando novos materiais e tecnologias, mas também fazendo uso de novas técnicas para melhor calcular os esforços dinâmicos nos seus componentes.

*Na Procura de Defeitos de Projeto/Montagem ou na Operação/Manutenção:* Sistemas existentes apresentam problemas oriundos de desgastes ou do dano acumulado por viver em um ambiente dinâmico: a monitoração deste comportamento e a adoção de medidas adequadas no momento certo, constituem outra tarefa da DINÂMICA.

### EXEMPLIFICANDO

A DINÂMICA integra praticamente todos os projetos resultantes na Engenharia Mecânica. Qualquer máquina com peças móveis, em qualquer aplicação industrial: pense em uma máquina têxtil - até pouco tempo atrás suas melhorias podiam ser efetuados por tentativa e erro baseadas no sentimento e na experiência de quem constrói: mas as velocidades de pro-

dução subiram tanto que as partes não conseguem mais ser consideradas sozinhas, todo o conjunto interage, de forma que somente um complexo estudo apoiado na DINÂMICA pode continuar aperfeiçoando o sistema. A mesma avaliação pode ser feita em máquinas operatrizes, em máquinas rotativas (turbinas, compressores, etc.), em sistemas completos como veículos (terrestres, aéreos, marítimos), manipuladores e robôs, moinhos, geradores eólicos e muitas outras aplicações. O próprio corpo humano movimenta-se em um campo de forças e sua interação com o ambiente pode ser otimizada usando critérios da DINÂMICA (projetar um tênis, p.ex.). Da mesma forma como não se consegue mais projetar sem esta ferramenta, também não se consegue mais dispensá-la na operação de um equipamento: um bom sistema de monitoração -usando esses critérios- consegue detectar uma falha muito antes dela ocorrer, permitindo um planejamento adequado para sua parada.

### O SALTO HISTÓRICO

Os projetos mecânicos vêm sendo sofisticados ao longo do tempo, pense na evolução de uma locomotiva desde sua invenção até os anos 60'. A necessidade de operar com sucesso um sistema fora do nosso alcance físico - cujos primeiros exemplos estão na área aeroespacial dos anos 50 e 60 - e o desenvolvimento simultâneo de computadores de alto desempenho fizeram com que o processo de tentativa e erro fosse deixando de existir (é bem verdade que em diversos casos, ainda hoje, o último ajuste é humano). A nova DINÂMICA teve origem no desenvolvimento de satélites, foguetes e naves: estas mesmas técnicas foram sendo aplicadas aos poucos em todas as áreas sensíveis: um avião hoje é projetado no computador e voa; as turbinas a gás são produtos altamente sofisticados que foram aprimoradas desta forma; aos poucos estas mesmas ferramentas vão achando espaço em aplicações menos sensíveis, mas que devido à competitividade do mundo moderno precisam seguir o mesmo caminho: isto pode ser uma máquina agrícola ou o conforto com que se cerca a cabina do piloto ou motorista (caminhoneiro e aos poucos até o tratorista) atualmente.

### A DINÂMICA E O SEU CONTEÚDO

A apresentação da DINÂMICA como uma área nos obriga a separá-la em partes, tanto para entender melhor suas interligações como para preparar um currículo de ensino.

A tarefa que nos é imposta pela Engenharia Mecânica e que esteja ligada aos objetivos da Dinâmica faz-nos extrair do *objeto de interesse* um SISTEMA MECÂNICO para ser estudado.

Este sistema deve permitir a análise de todos os fenômenos importantes que ocorram no *objeto de interesse*. Para tanto definem-se os parâmetros, as vari-

áveis de descrição e medição, as grandezas mensuráveis, etc., fazem-se testes de bancada em laboratório e testes em campo, procura-se um MODELO VALIDADO. Estabelecido este modelo passa-se à simulação do comportamento deste sistema em diversas condições operacionais, otimizando parâmetros ou leis de controle.

O detalhamento desta técnica é feito nos passos a seguir, que justificam o programa de ensino proposto no final do artigo; para uma leitura rápida do texto sugiro ao leitor continuar no item "Fronteiras da Dinâmica".

### O PRIMEIRO PASSO: DEFINIÇÃO DE SISTEMA MECÂNICO

A simulação numérica é possível uma vez conhecido o SISTEMA MECÂNICO, estabelecidas as variáveis de interesse e quantificados seus parâmetros.

As VARIÁVEIS DE INTERESSE em geral são as coordenadas de posição e velocidade que descrevem o movimento ao longo de uma certa trajetória ou as grandezas que permitem observar a oscilação em torno de uma posição de equilíbrio, podendo ser também tensões, pressões, temperaturas, etc. associadas ao comportamento dinâmico do sistema.

Frequentemente o problema da Engenharia Mecânica está ligado ao uso de energia proveniente de uma certa fonte para acionar uma carga. Esta energia flui como uma potência através do sistema, sendo transformada convenientemente, vencendo as resistências e dissipações de meio caminho. Um exemplo é motor elétrico que, através de um estágio intermediário se valendo da potência inerente à rotação, movimenta uma bomba hidráulica. Perdeu-se energia térmica no caminho, ao transformar a potência elétrica, via mecânica, em hidráulica. Mas podemos também ter como fonte a energia química de um propelente, que, após várias transformações, vai resultar na potência mecânica (força por velocidade) associada ao movimento do foguete. Um tipo de problema está portanto ligado a esta cadeia de transmissão de potência, suas propriedades e sua otimização. Ao mesmo tempo o fluxo da potência mecânica pelo sistema causa vibração de seus componentes, configurando um outro tipo de problema em geral estudado independentemente do anterior. Enquanto a cadeia de transmissão mecânica de uma turbina a gás praticamente inexistente e o estudo se limita às características vibratórias das palhetas e do rotor, em um motor a combustão veicular há uma longa cadeia de transmissão antes da potência do motor poder ser utilizada para o veículo executar sua função na estrada. Otimizar os pontos de mudança de uma caixa de transmissão automática é portanto um problema independente de acertar as posições dos coxins de um motor para reduzir a transmissão de vibrações para a cabina: ambos são todavia problemas de DINÂMICA e estudados por técnicas semelhantes.



O primeiro passo tem a ver com engenharia, isto é, com a redução de um problema real a um conjunto de partes fundamentais, cuja análise se sabe viável. Para tanto temos que sacar fora a parte que nos interessa, delimitando as fronteiras do sistema, imergi-lo nos campos de forças atuantes e estabelecer as condições de vínculo.

O SISTEMA MECÂNICO é constituído por elementos tradicionais da análise mecânica como corpos rígidos ou elásticos (ou rígidos com apêndices elásticos) associados às propriedades de massa, inércia, elasticidade, amortecimento interno, etc.; por elementos apenas elásticos ou dissipativos; por atuadores e acionamentos; por juntas, acoplamentos e por transmissões; por contatos e impactos; etc.

As VARIÁVEIS DE INTERESSE descrevem os movimentos dentro dos graus de liberdade possíveis, a partir dos vínculos existentes e, eventualmente dentro do que se considerou relevante para a análise. Uma solução numérica para estas variáveis, ao imergir o SISTEMA MECÂNICO em um campo de forças só será possível quando todas as partes fundamentais do sistema tiverem suas propriedades quantificadas.

O segundo passo: obtenção do Modelo Matemático

A maneira de executar o primeiro passo acima definido depende da técnica utilizada para este segundo passo: definir o MODELO MATEMÁTICO que representa o SISTEMA REAL significa obter as equações que relacionem neste SISTEMA MECÂNICO, o campo de forças às variáveis de interesse. Há duas técnicas fundamentais, bem conhecidas mas de conceituação oposta, que, com ajuda do computador, procuram dar apoio na solução desta tarefa.

O Método dos Elementos Finitos envolve o sistema em uma malha com a qual se procura reproduzir o mais exatamente possível sua geometria. Sua realização leva a um número em geral muito grande de graus de liberdade, portanto de equações, necessitando-se um trabalho de engenharia posterior para reduzir, isto é, compactar o modelo matemático, removendo as informações que não são relevantes. Evidentemente há técnicas bem desenvolvidas para todas as etapas e a própria tentativa de reproduzir o mais próximo possível o SISTEMA REAL acaba estabelecendo uma primeira estimativa dos parâmetros necessários à solução. Estudar o comportamento dinâmico do painel de uma porta de veículo ou o comportamento global do monobloco de um ônibus pode idealmente ser resolvido por este caminho.

O Método de Múltiplos Corpos parte de simplificações de engenharia no momento em que o SISTEMA REAL é substituído por um SISTEMA MECÂNICO, o que exige um bom conhecimento das características físicas e das particularidades dos elementos constituintes. Para a determinação dos parâmetros deste sis-

tema, necessariamente, após uma estimativa inicial, passa-se por uma identificação de parâmetros. As equações de movimento do sistema que se considerou podem novamente ser obtidas por técnicas de computação algébrica, partindo das leis de movimento de Newton e Euler ou utilizando equações oriundas do Cálculo Variacional como as equações de Lagrange, para citar apenas dois dos possíveis caminhos.

## CARACTERIZANDO AS INTERFACES

Sacar o sistema fora do seu entorno, um mundo puramente mecânico, cria interfaces com outras áreas de conhecimento: precisamos saber como se dá esta ação sobre o sistema.

Sejam as forças mecânicas oriundas do movimento em um campo magnético, ou oriundas da ação muscular sobre a junta do joelho, ou oriundas de uma interação fluido-estrutura como no movimento de uma pá eólica ao vento ou do movimento relativo entre um eixo e uma concha de mancal através de um filme de óleo, queremos sempre poder descrever esta interação para usá-la nas nossas equações de movimento; mesmo que ela se dê através de uma propagação, como uma onda de pressão que atravessa e se reflete na estrutura de interesse.

## CONHECENDO OS COMPONENTES

A aceleração implica em forças de inércia sempre que os componentes forem afetados de massa: onde o sistema apresenta massa concentrada, onde a massa é distribuída, qual a geometria dos corpos rígidos, como estes corpos se unem, como reduzir os elementos elásticos com massa às suas primeiras formas de vibrar e quantos deverão ser considerados, são perguntas típicas na análise dos componentes com inércia. Onde e como é armazenada a energia potencial de deformação, como é liberada esta energia, qual a linearidade destes componentes, são perguntas feitas sobre os elementos elásticos. Durante o movimento há atritos e dissipação de energia: onde, como, sob que lei, são perguntas neste caso. Muitas vezes somente a operação do sistema real nos permite avaliar a realidade de hipóteses neste caso. Na fase de validação do modelo há todo um vai e vem entre os resultados apresentados, os resultados esperados e a forma como cada componente do sistema foi modelado. A caracterização das juntas, a definição das características dos acionamentos (por exemplo um problema mecânico pode incluir na sua descrição dinâmica a curva característica de um motor elétrico e voltagem e corrente serem incluídos nas variáveis de interesse, passando a haver equações diferenciais nestas grandezas), o estabelecimento das transmissões e das razões de transmissão (pode ser necessária p.ex. a representação da elasticidade do contato e da folga entre os dentes de engrenagens para uma boa análise dinâmica desta parte do sistema; podemos ver uma

correia apenas como um elemento da transmissão mas ele pode também incluir uma elasticidade torcional; e assim em diante). Não se está neste caso projetando o componente a partir de sua resistência mecânica, mas procurando suas propriedades dinâmicas para poder avaliar seu desempenho no sistema como um todo.

### CADA VEZ MAIS ATUAL: O SISTEMA MECÂNICO ATIVO

A capacidade de medir o comportamento de Sistemas Reais ao longo de sua operação permite o desenvolvimento de sistemas que, a partir destas informações, interferem em seus parâmetros ou em sua operação através de atuadores. O conceito de sistema mecânico ativo tem se consolidado a partir dos anos 50 e é encontrado em muitos sistemas ou componentes. Exemplo clássico são os mancais magnéticos que, para funcionarem adequadamente, precisam ter informação do movimento do rotor que sustentam; a transmissão automática também é uma espécie de componente inteligente, bem como o ajuste da suspensão em carros de corrida. Embora a conceituação talvez mais antiga de um controle, o regulador de bolas, de Watt, desenvolvido para manter constante a velocidade de grupos geradores a vapor na variação de carga, seja um sistema puramente mecânico, atualmente o sistema mecânico ativo é integrante de um circuito de controle, onde as variáveis de interesse são medidas, transformadas em sinais elétricos, processadas, submetidas à lógica de controle e realimentadas eletricamente através de atuadores para, ao final, se obter o efeito mecânico planejado.

A Alternativa ao segundo passo: contornando a necessidade das equações de movimento.

Ao estabelecer equações deseja-se simular o sistema em muitas condições de operação. Há tentativas de by-passar a montagem analítica (ou semi-analítica, semi-numérica) das equações: a ferramenta atualmente muito em moda de *redes neurais* investe neste caminho. Pretende-se aprender neste caso como funciona o sistema em certas condições para induzir como funcionaria em outras.

Em um outro caminho, trabalha-se como em um diagrama de blocos, partindo do conhecimento das características e propriedades dos componentes (por ex. de uma cadeia de transmissão) para estruturar uma representação simbólica de sistemas sem se preocupar com as equações formais: trata-se da técnica conhecida como *Bond Graphs*.

Toda a dinâmica do sistema pode também ser representada no domínio da frequência, quando passamos a trabalhar com polos e zeros do sistema. Oriunda da Teoria de Controle, os sistemas mecânicos são tratados como se fossem circuitos eletrônicos, escrevendo-se em um diagrama de blocos a função de transferência para cada componente; este, a seguir, terá

uma resposta que é obtida a partir da entrada.

### TERCEIRO PASSO: LIMITAÇÕES E POSSIBILIDADES DA SIMULAÇÃO

Nesta etapa preparatória para a simulação da operação do sistema procura-se avaliar a abrangência da modelagem realizada: os efeitos lineares são válidos em que faixa, os parâmetros considerados constantes o são, com que limites? O que está se procurando: as características intrínsecas do sistema como suas frequências naturais ou sua resposta a estímulos externos? Qual é a viabilidade de realizar as simulações necessárias em um tempo razoável? Como é a ocupação numérica das matrizes do problema, se podem aparecer problemas de mal condicionamento, inversões imprecisas de matrizes ou outras dificuldades no campo computacional.

### O CERNE DO TERCEIRO PASSO: A SIMULAÇÃO

Tudo preparado, vamos ver como o sistema se comporta. Para tanto procura-se extrair inicialmente em um sistema linear as propriedades fundamentais para o seu comportamento, isto é, as frequências naturais e seus autovetores ou formas ortogonais de se movimentar. As variáveis de interesse resultante das perturbações que atuam sobre o sistema podem ser estudadas no domínio do tempo ou da frequência e, em cada caso, existem técnicas para avaliar o desempenho resultante. O primeiro aspecto da própria simulação é descobrir os erros que normalmente se infiltram em um desenvolvimento deste tipo, sejam conceituais ou ocasionais: o resultado da simulação deve estar pautado pela plausibilidade.

Quando a simulação estiver operacional pode-se dar início a uma fase perscrutaria, procurando entender como a variação de parâmetros altera a resposta: no fundo é uma sensibilização do pesquisador com o sistema, que desperta nele novamente o raciocínio de engenheiro, procurando desenvolver o sentimento de ponta de dedos.

A maior novidade no terceiro passo: A Realidade Virtual

Os recursos de computação existentes criaram a possibilidade de uma visualização do sistema real através de um SISTEMA VIRTUAL. A representação tridimensional do movimento no espaço é um fator adicional que ajuda a estabelecer parâmetros de projeto e sua movimentação permite avaliar a operação do que se vai construir. Bastante usado em robótica esta ferramenta deve migrar aos diversos cantos da DINÂMICA: p.ex. é comum olhar-se, em uma análise modal a representação dos modos de vibrar - em movimento - mas ainda não se associou com a esta imagem, algo que deverá ocorrer em breve, para trazer o que vemos em realidade virtual mais próximo possível

ao que ocorre com o sistema real. Esta representação no espaço no fundo não passa de outra forma de ver as variáveis de interesse que, ao invés de estarem em diagramas variando no tempo ou na frequência, são usadas para representar os deslocamentos com o tempo: e podem ser imaginados, p.ex. efeitos acústicos quando ocorrerem choques no sistema ou alarmes quando as tensões excederem um limite preestabelecido.

## O QUARTO PASSO : A VALIDAÇÃO DE MODELO

Em um projeto conceitual não se pode passar muito além do terceiro passo, a menos que se possua sistemas semelhantes já construídos anteriormente. Alias este é um dos processos mais correntes na Indústria, aproveitar o conhecimento em projetos semelhantes para, por adaptações ou mudança cuidadosa de escala, fazer novos projetos. Assim vão crescendo as potências de novas gerações de hidrogeradores, o tamanho dos aviões, a velocidade dos trens, etc. O sistema mecânico que se separa para investigação é limitado à parte sensível do projeto. Um exemplo instrutivo são os trens de alta velocidade: muito pouco aconteceu neste aspecto nos primeiros sessenta anos deste Século: a velocidade máxima dos trens ficou na faixa de 100km/h pois esta já era a velocidade das boas locomotivas a vapor; introduziu-se a propulsão diesel-elétrica e elétrica, aperfeiçoaram-se os motores, melhorou-se o rendimento, diminuíram-se os pesos, adelgaram-se as construções, etc. Com o resultado das técnicas de projeto advindas da engenharia aeroespacial, começou-se pesquisas com trens com levitação magnética nos anos 70 e 80; a possibilidade de novas velocidades muito mais altas serviu de desafio para a engenharia ferroviária, que como se sabe é muito tradicional e conservadora, e, com apoio da ciência aprofundou-se no problema do contato roda/trilho. Logo se descobriu que não bastariam novos resultados neste problema e que toda a suspensão teria que passar por um reestudo e otimização. Deu-se um salto tecnológico, trens *convencionais* a 300km/h não são mais sensação, mas se descobriu que o conforto alcançado exige que a superestrutura da via deveria ser considerada parte do sistema dinâmico: andamos nos trens embora nem todos seus aspectos tecnológicos estejam resolvidos: uma contínua necessidade de manutenção ainda mostra que para a coisa funcionar ela deve estar bem sintonizada. Se você comparar com a área de telecomunicações você entenderá o que pretendo afirmar: aqui, o próprio sistema limpa os seus sinais e remove a sujeira que vai entrando pelo caminho. No caso ferroviário isto ainda exige uma manutenção atuante. Enquanto os trens roda/trilho passaram por este salto tecnológico, os trens a levitação magnética continuam nas prateleiras dos que os desenvolveram, não porque não sejam bons, mas porque não são integráveis na malha como um todo.

Este desenvolvimento que utilizou modelos ma-

temáticos, simulação e validação, teve que definir uma série de subproblemas que foram resolvidos separadamente antes de serem integrados no produto: para sua solução o processo de validação se passa entre um ensaio de laboratório, uma maquete em escala ou um modelo experimental - não de uma parte do sistema real mas de uma parte idealizada do sistema real, da qual se remove tudo que não se imagina diretamente ligado ao problema que se pretende estudar, e o modelo matemático do mesmo. Com ele validado no tocante a descrever o fenômeno ou o funcionamento em questão, parte-se para quantificá-lo com os dados do projeto final.

Recapitulando:

*Projeto conceitual* - definição de partes sutis para estudo específico a partir de experimentos orientados ao estudo de fenômenos bem caracterizados; elaboração de *modelos matemáticos* para este subconjunto e sua *validação conceitual*.

*Projeto existente*: obtenção do *modelo e validação*.

*Problema em Equipamento*: definição do problema, sua descrição, sua simulação, sua validação, eventualmente com apoio de um experimento específico.

*Manutenção de equipamento*: obtenção de modelo que, constantemente revalidado a partir de medições no sistema real, permita avaliar as alterações do sistema com o seu uso.

As técnicas de validação permitem estabelecer a correção do modelo proposto. Inicialmente devem ser quantificados os valores para as grandezas físicas do modelo, o que pode ocorrer independentemente do modelo (quando se pesa a massa de um corpo em uma balança, para substituir este valor na equação, p.ex.) ou associado ao próprio modelo (como quando através de uma ressonância se tira a informação sobre a elasticidade de algum componente). Muitas vezes a identificação fora do modelo pode ser uma má aproximação para o problema, como quando se adota o coeficiente de atrito a partir de uma tabela - mas também pode ser uma boa técnica, como quando se adota o valor do módulo de elasticidade ou da densidade a partir de uma tabela. É novamente o senso do engenheiro que vai permitir uma avaliação do que fazer nesta quantificação.

## Identificação de Parâmetros

Oriundas da Teoria de Sistemas, as técnicas de identificação de parâmetros são aplicadas nas mais diferentes formas para dar suporte à determinação das grandezas físicas do modelo. O sistema real ou suas realizações de laboratório são submetidos a perturbações conhecidas e a partir das respostas medidas pelas variáveis de interesse estes resultados são comparados às simulações realizadas. Estes ensaios podem ser feitos no domínio da frequência, determinando-se

os parâmetros modais, que muitas vezes já são suficientes para o estudo que se pretende realizar: neste caso procura-se adaptar as características próprias da estrutura ao seu modelo através de métodos de ajuste; ou eles podem ser realizados no domínio do tempo, procurando-se aproximar as soluções do modelo à realização experimental, mantida a mesma perturbação conhecida, em ambos os casos.

### Otimização

Um modelo validado permite nos tomar muitas decisões na tentativa de melhorar o comportamento dinâmico das variáveis de interesse ao longo da operação do sistema. Falando em termos muito gerais, pode ser criado um funcional de penalização e por um processo numérico de procura, otimizá-lo para atingir seu valor mínimo. Correspondentemente pode-se otimizar subconjuntos do sistema sempre com critérios que levem em consideração a operação desta parte dentro do todo. Esta otimização pode estar relacionada às propriedades intrínsecas do sistema, como seus modos característicos - quando não há necessidade de integração temporal, ou pode estar relacionada à resposta do sistema para excitações que descrevam a ação de seu meio ambiente sobre ele.

### Realização Experimental

A sistemática de realizações experimentais para investigar aspectos dinâmicos específicos do problema maior que se deseja analisar é corrente neste tipo de análise. Neste aspecto todo o procedimento acima mencionado se inverte: uma bancada é elaborada para o estudo do fenômeno, passamos a ter um *projeto existente* que pode ser modelado e validado *per se*. Apresentam-se, limpos de parte dos ruídos indesejáveis e das ligações que não são consideradas essenciais, subsistemas que devem ter suas variáveis de interesse determinadas a partir de medidas realizadas. Exemplificando: a elaboração de teorias de contato roda/trilho passa pela investigação do fenômeno em bancadas de teste em escala reduzida; o estudo de painéis solares em satélites passa por uma análise dinâmica da montagem em laboratório; a avaliação de palhetas de turbinas tem uma fase só da palheta em seu engaste, dela girando engastada em um disco, etc.

### O QUINTO PASSO: A MEDIÇÃO, SENSORES E PROCESSAMENTO DE SINAIS

É válido destacar, pela sua importância, estas etapas como um passo específico da solução do problema de DINÂMICA. A área de sensores teve um desenvolvimento fantástico nos últimos anos, o aproveitamento de novos princípios físicos, o barateamento e a trivialização destes componentes criam toda uma nova forma de se tratar com uma máquina. As grandezas tipicamente mecânicas são o deslocamento (relativo ou absoluto) linear ou angular, a velocidade linear ou

angular e a aceleração bem como forças e momentos, aproveitando-se para tanto o valor de tensões medidas por extensometria; pressão e temperatura também são frequentemente monitoradas. Em particular nas máquinas rotativas necessita-se transferir sinais medidos sobre o eixo para a parte estacionária do equipamento, utilizando-se para tanto anéis coletores ou transmissão por telemetria, cuja potencialidade já foi demonstrada em corridas de Formula 1. Os sinais medidos são contaminados por ruído, a qualidade da medição pode ser avaliada pela intensidade deste ruído presente: muitas vezes é necessário um pré-condicionamento do sinal, ou uma pré-amplificação se o sinal vai ser enviado para um ponto remoto de monitoração. Ao encontrar o equipamento de aquisição e registro há um problema de compatibilidade a resolver em termos de voltagem e impedância: passa-se então à arte da placa de aquisição, que transforma dados -em geral voltagens- de diversos canais, usando ou não multiplexagem, em uma certa taxa de amostragem para valores numéricos. Estruturam-se Bancos de Dados que são colocados à disposição das técnicas de processamento de sinal, on line ou off line, conforme a aplicação. Este processamento de sinais é adequado às necessidades, extraindo as informações relevantes para finalizar o estudo dinâmico do problema em questão.

### ÚLTIMO PASSO: O FÊCHO DO ESTUDO DA DINÂMICA

Para um *projeto conceitual*, estando todas suas partes sensíveis validadas, passa-se à otimização do projeto utilizando a *simulação*, procurando reproduzir as condições de operação esperadas, finalizando com o *dimensionamento* das partes componentes. É bom lembrar neste ponto que muitos projetos modernos valem-se de técnicas ligadas à confiabilidade e os possíveis subsistemas estão dinamicamente interligados. A simulação usando a *realidade virtual*, bem como a análise do sistema real são as próximas aplicações do estudo que foi desenvolvido.

Em um *projeto existente* a validação final poderá ser feita com o sistema real, partindo-se então para a otimização ou a alteração do projeto procurando melhorar o desempenho do sistema.

Na análise de um *problema* em geral a maior dificuldade está em separar causas e efeitos. Como um sistema está sujeito a muitas ações simultâneas, não é trivial fazer esta associação e muitas vezes são necessários diversos testes para uma separação conveniente das ações. Mesmo assim utiliza-se diversas ferramentas de análise e processamento de sinal num comportamento quase detetivesco, procurando encontrar o culpado. Embora a experiência ensine muito sobre os tipos de problemas possíveis em várias circunstâncias, com a interferência cada vez maior entre os vários subsistemas de um sistema, não é uma tarefa trivial.

No desenvolvimento de técnicas de *manutenção* de equipamentos de grande porte muito ainda pode ser feito. Em muitos casos o apoio do fabricante ao longo da vida operacional é muito caro, devendo a engenharia local se especializar neste aspecto. Tendo em vista que manutenção atualmente consiste em inicialmente coletar e interpretar sinais de sensores, para avaliar se deve ser realizada uma intervenção maior, esta área de trabalho apresenta uma componente local bem forte.

## FRONTEIRAS DA DINÂMICA

O *state of the art* explora aspectos ainda não suficientemente conhecidos da área. Enquadram-se projetos novos ligados à micro-tecnologia, como descrever o comportamento dinâmico de micro componentes, ou projetos em águas profundas ou ainda em missões espaciais, os desenvolvimentos de novas máquinas mais rápidas e eficientes, etc. Áreas tradicionais como o estudo do corpo humano e seus movimentos, seja no sentido de otimizá-los em uma competição ou investigar a possibilidade de substituição ou interferência. Fenômenos específicos, como muitos ligados ao comportamento não linear de sistemas, estão recebendo renovada atenção procurando por uma descrição inovadora. Novas ferramentas matemáticas estão sendo desenvolvidas para cada uma das etapas acima mencionadas, bem como a técnica ligada à realidade virtual, completamente inovadora. O desenvolvimento de novos sensores, a miniaturização, o crescente potencial de simulação numérica de um sistema são as alavancas atuais na desbravagem das fronteiras da DINÂMICA. Quando menos se espera, todo um mundo de novas aplicações se descortina - mesmo em áreas que parecem inofensivas, como a Indústria do Entretenimento, que em função das mudanças na estrutura do Trabalho neste final de milênio pode assumir uma relevância que ele ainda não possui.

## A DINÂMICA NO BRASIL

As particularidades do desenvolvimento industrial brasileiro obrigam as atividades criativas a se abrigar em nichos específicos, visto que grande parte dos projetos aqui manufaturados passam apenas por uma adaptação de material ou de finalidade. Onde será portanto que todo o conhecimento mencionado neste texto pode encontrar seu desabrochar? Inicialmente nos grandes projetos de impacto, que seguramente envolvem áreas sensíveis, isto é, lá onde não se pode comprar a tecnologia envolvida, como nas aplicações militares e estratégicas, na área aeroespacial, em muitos aspectos da tecnologia ligada ao petróleo. Vê-se portanto que todas estas aplicações estão ligadas a prioridades governamentais: durante três décadas imaginou-se que a passagem do subdesenvolvimento para o desenvolvimento passasse por capacitação tecnológica autóctone.

A mudança radical na forma de entender a realidade desta década nos livrou de uma das componentes do complexo de subdesenvolvimento: não precisamos mais dominar a tecnologia para nos desenvolvermos, basta privatizar o investimento que as soluções para nosso desejo de desenvolvimento nos serão trazidas de algum lugar. E a grande Empresa de base tecnológica age com técnicas militares de segurança: as inovações são segmentadas por equipes em lugares distintos, de forma a ser difícil montar o quebra cabeças do produto final.

Neste contexto, a despeito dos erros possíveis em qualquer previsão, parece difícil achar uma saída fora dos nichos ou de eventuais grandes projetos que possam ser tocados. Mas, antes de defender sua realização, é vital entender-se o que ocorre em sua execução - soluções de continuidade, mudanças de prioridades, falta de recursos, vaidades, fatores políticos, erros de planejamento, etc.,etc. Pense-se no Programa Nuclear Brasileiro, no Submarino Atômico, no Veículo Lançador de Satélites, nos Satélites, na inexistência de um automóvel brasileiro ( e os tigres asiáticos?). Observe-se que um projeto pode até dar certo durante algum tempo. Enfim, mirando apenas esta aplicação da DINÂMICA não se justifica uma formação de pessoal especializado.

A inserção num Mercado Globalizado levam-nos a produzir dentro dos padrões mundiais de preço e qualidade. Isto significa investir em equipamentos muito automatizados e de alta produtividade. O manuseio destas instalações é altamente complexo, devendo ser apoiados por pessoal de treinamento sofisticado, pois é inviável ficar dependendo para a sua manutenção de equipes fora do país. A par da sofisticação eletrônica é a DINÂMICA novamente uma das bases de conhecimento. Para manter estas máquinas funcionando dentro de padrões econômicos aceitáveis por muitos anos é vital seu acompanhamento por uma engenharia sofisticada. O mesmo comentário vale para sistemas de grande porte, como hidrogeradores, compressores, turbinas, máquinas de produção de papel, gráficas, têxteis, robôs, etc. Muitas vezes a recuperação de uma máquina antiga (tome-se uma turbina hidráulica, por exemplo, que vive muitos anos) pode envolver um refinamento tecnológico, que não interessa mais à Empresa que a produziu, mas que pode representar um interessante nicho de mercado para Empresas brasileiras atuarem a nível mundial.

Muitas vezes na adaptação de projetos o resultado não é satisfatório e a razão em geral está ligada a problemas dinâmicos das modificações ou dos subsistemas que foram adaptados ao projeto. Também aqui são aplicadas as técnicas descritas acima, para otimizar o resultado final.

Uma aplicação fascinante é a integração de sistemas: considerando que contamos basicamente com a criatividade dos nossos engenheiros e pesquisado-

res, é em bolar como reunir várias partes para resolver um problema que podemos mostrar força. Ao desenvolver um sistema de instrumentação, ao encarar uma variante para executar uma tarefa - precisamos integrar o que de mais moderno há disponível. Como atualmente temos acesso ao mercado internacional de componentes esta é uma área que pode se desenvolver com muita eficiência em pequenas empresas de base tecnológica.

O treinamento em DINÂMICA não é simples, por esta razão não o encontramos em todos os cursos de Engenharia Mecânica do país. Seu conhecimento é todavia fundamental para manter as pretensões de desenvolvimento do país.

### A DINÂMICA NO CURSO DE GRADUAÇÃO

A tendência da engenharia em tornar mais interdisciplinar sua base leva-nos a perguntar qual seria a dosagem certa da DINÂMICA em um escopo mais abrangente. Ora, a principal consequência de seu bom conhecimento é a capacidade de abstração e de formulação de um sistema mecânico e suas interfaces a partir de um problema real. Uma renovação desta matéria deveria fazer repensar a Mecânica que é ministrada via as disciplinas de Física. A compatibilização da matéria no Cálculo Vetorial com o equilíbrio em pontos materiais e corpos rígidos no movimento plano é a primeira etapa da formação. O treinamento da capacidade de abstração pode ser estimulado por programas computacionais que resolvem a dinâmica de sistemas a partir de seus esquemas e apresentam a simulação dos movimentos. O entrelaçamento de Álgebra Linear com Vibrações Mecânicas, bem como algumas noções como medir e processar estes sinais pode ser útil na formação geral de um engenheiro com este perfil interdisciplinar.

Para um Engenheiro (Mecânico) cuja ênfase de formação seja a DINÂMICA devem estar distribuídos no seu currículo conhecimentos em:

- Introdução à Engenharia de Sistemas Mecânicos
- Equilíbrio e Sistemas de Forças
- Cinética dos Sistemas redutíveis a pontos materiais
- Dinâmica do Corpo Rígido no Movimento Plano; noções do movimento de rotação no espaço
- Desenho (CAD) e visualização de movimento em Dinâmica Virtual
- Álgebra Linear e Vibrações de Sistemas; medição de grandezas dinâmicas; Isolamento
- Controle de Sistemas mecânicos ativos; sinais no domínio do tempo e da frequência
- Fontes de Potência, Transmissões e Cargas

Mecânicas; Interpretação de sinais dinâmicos

- Manutenção e Confiabilidade

Nesta área o trabalho puramente teórico e de simulação sempre deixa algo a desejar. O verdadeiro treinamento em DINÂMICA não prescinde de uma realização experimental; quanto mais perto do final do curso mais importante é a introdução de casos reais eventualmente trazendo sinais medidos em máquinas reais ou verificando no campo as dificuldades para a obtenção de uma informação em um máquina em operação.

### A DINÂMICA NO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO

Ao conhecimento puramente técnico dos fenômenos como apresentados na Graduação devem ser acrescentadas as bases teóricas correspondentes. Além do mais devem ser incluídos aspectos, que pela sua profundidade e particularidades não são apresentados neste nível. Aqui em geral tratam-se de especialidades correlacionadas aos trabalhos de pesquisa desenvolvidos pelo grupo encarregado do curso. Tem-se então uma parte básica

- Princípios e Leis da Mecânica; aspectos variacionais; Dinâmica Analítica; Mecânica Newtoniana

- Dinâmica da Rotação no Espaço; dinâmica de múltiplos corpos

- Análise Dinâmica de Sistemas Mecânicos Ativos, Discretos e Contínuos (Simulação, Otimização, Solução transiente e permanente, Análise modal)

- Identificação e Processamento de Sinais (FFT, filtragem, domínio do tempo, domínio da frequência, análise modal experimental, wavelets)

à qual se pode associar uma ou mais linhas de especialização como:

- Dinâmica Não Linear e Caos; suas aplicações para sistemas mecânicos
- Dinâmica de Rotação e Monitoração de Equipamentos Rotativos; Mancais
- Dinâmica de Estruturas; Integridade dinâmica; monitoração
- Robótica
- Vibrações Torcionais
- Dinâmica do Contato e do Impacto
- Estudo de técnicas para a Dinâmica Virtual (Realidade Virtual de Sistemas Mecânicos)
- Técnicas de Medição; sensores
- Redes Neurais
- etc.

**BIBLIOGRAFIA**

Pelo tipo de texto não foi feita uma revisão bibliografica itemizada: as opiniões apresentadas fundamentam-se em inúmeras publicações recentes, dentre as quais destacamos algumas:

- [1] Berg, Charles A., "On Teaching Design: Identifying the Subject", Int. J. Mech. Eng. Educ., 20(4), 235-240 (1992).
  
- [2] Burton, T.D., "Introduction to Dynamic System Analysis", McGraw-Hill, 1994.
  
- [3] Ginsberg, Jerry H., "Advanced Engineering Dynamics", Cambridge Univ. Press, 1995.
  
- [4] Inman, Daniel J.: "Engineering Vibration", Prentice Hall Int., 1994.
  
- [5] Kane, Thomas R., Levinson, David A.: "Dynamics: Theory and Applications", Mc. Graw Hill
  
- [6] Rubin, Carol A., "Working Model", Addison Wesley, 1995.
  
- [7] Shabana, Ahmed: "Computational Dynamics", John Wiley, 1994.
  
- [8] Udawadia, Firdaus, Kalaba, Robert E.: "Analytical Dynamics: A New Approach", Cambridge Univ. Press, 1996.
  
- [9] Williams, James H.: "Fundamentals of Applied Dynamics", John Wiley, 1995

\*\*\*\*\*  
 Versão 2.0 (01.04.97)



# A ESTRATÉGIA DA AÇÃO CONSORCIADA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE PLANOS SETORIAIS EM ESCOLAS DE ENGENHARIA

Ernani Ferreira Leandro, Engenheiro Eletricista

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Av. Amazonas, 5253 - Fone:(031) 319-5224 - CEP 30480-000 - Belo Horizonte - MG

**Resumo:-** No presente trabalho são mostradas as vantagens da adoção do Método de Ensino Consorciado - EDUCAÇÃO/CONVÊNIO/QUALIDADE, em uma Escola de Engenharia.

O uso do citado Método é exemplificado na desafiante fase de saída do Planejamento Estratégico até a entrada no Planejamento Operacional, focalizando-se, mais detidamente, o necessário trânsito do Estratégico ao Operacional passando pela EDUCAÇÃO E TREINAMENTO - capacitação - de todos os envolvidos.

Atenção especial é dada ao Comitê da Qualidade, presidido pelo Diretor da Escola de Engenharia, constituído de representantes de segmentos da Comunidade estrategicamente escolhidos, de representantes do staff superior, destacando-se o representante do Conselho da Qualidade da Universidade ou da Instituição de Ensino Superior (IES), e dos dirigentes superiores da Escola de Engenharia.

O Comitê da Qualidade da Escola de Engenharia deverá ser o próprio Núcleo da Qualidade e Produtividade desta Escola (NQ&P), quando o porte da mesma não justificar a existência tanto do Comitê quanto do NQ&P.

Em grandes Escolas de Engenharia o Coordenador do NQ&P deverá ser também Membro do Comitê, podendo ser estabelecidos Núcleos de Qualidade nos níveis de Coordenações de Cursos e mesmo Núcleos de Qualidade para Projetos Especiais.

O funcionamento integrado ficaria assegurado desde que o coordenador de um Núcleo seja líder de seu Núcleo e ao mesmo tempo membro do Núcleo mais alto e assim sucessivamente, até culminar no Comitê da Escola de Engenharia e finalmente no Conselho de Qualidade da Instituição maior, isto é, da Universidade ou IES.

O Reitor ou o Diretor Geral da IES (mais alto gerente) preparará e fará ampla divulgação da DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADES DO CONSELHO e deve fazer com que cada Comitê e cada Núcleo de Qualidade prepare e publique a sua DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADES respectiva.

**Abstract:-** I have thought this article from A SEMINAR SERIES FOR ADMINISTRATORS, LEADERS AND PARTNERS IN HIGHER EDUCATION (SPRING 1995), sponsored by The Brazilian Association of Canadian Studies, the Pontifical Catholic University of Parana, Curitiba, Brazil, through its Canadian Studies Development Nucleus and its University Office for International Exchange and Cooperation.

As Franklin P. Schargel, I'm sure that continuous improvement means you are never done. Once on the path in pursuit of quality, the process must be continuously improved by altering, adding to, substructing from, and refining.

## ESTRUTURA DO SISTEMA DA QUALIDADE DA ESCOLA DE ENGENHARIA.

Neste trabalho nossa hipótese é a de uma Escola de Engenharia (EE) cujo porte recomende um COMITÊ DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE (CQ&P/EE), um Núcleo da Qualidade e Produtividade (NQ&P/EE), um Núcleo Setorial da Qualidade e Produtividade na Coordenação de cada Curso de Engenharia ofertado (NSQ&P/EElétr; NSQ&P/EMec, etc) e Núcleos de Projetos Especiais, estes não permanentes trabalhando na forma de Grupos de Solução de Problemas.

O Coordenador do CQ&P/EE é o próprio Diretor da EE que é também Membro do Conselho da Qualidade e Produtividade da IES (CQ&P/IES). O CQ&P/EE é constituído de seu Coordenador, do Coordenador do NQ&P/EE, de um representante da Federação das

Indústrias, de um Representante do CREA e de um representante da Rede UNITRABALHO.

O Coordenador do NQ&P/EE é membro do CQ&P/EE. O NQ&P/EE é constituído de seu Coordenador, dos Coordenadores do NSQ&P de cada curso de Engenharia e dos Coordenadores de Núcleos de Projetos Especiais.

## PARÂMETROS ORGANIZACIONAIS

A Instituição de Ensino Superior (IES) considera-se posicionada segundo os seguintes parâmetros essenciais:

• O Planejamento Institucional Estratégico Integrado;

• A Valorização do Ser Humano;

. A Cultura Institucional e os objetivos de cada uma de suas Escolas.

. As Avaliações constituem instrumento de crescimento pessoal, profissional, grupal e institucional, devendo servir como instrumento de mudança cultural.

Periodicamente uma Auditoria Interna, com base na comparação entre os resultados planejados e os resultados alcançados

- . orienta os diferentes setores;
- . constata a fidelidade de cada setor aos parâmetros previamente definidos e
- . constata a eficácia das avaliações contínuas.

Os resultados da Auditoria Interna são subsídios para as deliberações do Conselho da Qualidade visando a Garantia da Qualidade e a Melhoria Institucional Contínua.

No aluno estão centradas as principais atenções.

A análise sociológica determina formas culturais ou conteúdos a serem assimilados para que o aluno se torne membro ativo da sociedade, isto é, se torne produtor de cultura.

A análise psicológica diz respeito aos processos de abordagem e de desenvolvimento dos alunos e a maneira de influir sobre esses processos como uma das facilidades da educação, permitindo planejá-la de forma mais eficiente.

A análise epistemológica, intimamente dependente do Plano Estratégico da Instituição, favorece a identificação na Escola de Engenharia, da distinção entre os conhecimentos ESSENCIAIS dos conhecimentos SECUNDÁRIOS, a compreensão de suas estruturas internas e as relações existentes entre eles, possibilitando estabelecer seqüências de atividades que facilitem assimilação significativa.

A análise pedagógica é a própria Engenharia da Qualidade Educacional, desempenhada pelo Núcleo de Apoio à Educação (NAE).

Neste sentido o Núcleo de Apoio à Educação (NAE) poderá ser parte do Núcleo da Qualidade e Produtividade (NQ&P/IES), na IES cujo porte justifique a sua existência, atuando o NQ&P/IES como executivo das deliberações do Conselho da Qualidade (CQ&P/IES).

O referencial é o Projeto Pedagógico, ferramenta dinâmica, construída a partir de em trabalho eminentemente participativo.

A inexistência de consistente Projeto Pedagógico leva, quando ocorrem, a apenas eventuais mudanças positivas, função tão somente do empenho institucional, eventuais mudanças que são tão ineficientes quanto às propostas tradicionais, mostrando, quando muito, um valor apenas do ponto de vista de SUSTENTAÇÃO DOS RESULTADOS, tornando-se

INEFICAZES, do ponto de vista de MELHORIA.

Uma atenção especial precisa ser dada no sentido de que se tenha um eficaz Sistema de Comunicação/Informação/Banco de Dados.

Com o objetivo de facilitar a democratização das comunicações e das informações recomenda-se a fusão do Gabinete e da Assessoria de Comunicação Social ou, pelo menos, que se tenha uma Chefia única.

A interação do Sistema de Informação da IES com a emergente REDE UNITRABALHO facilitará a troca de informações com a comunidade, com ênfase aos parceiros empresa, governo e aos parceiros sociais.

### **AÇÃO CONSORCIADA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DOS PLANOS SETORIAIS**

O Ensino Consorciado - EDUCAÇÃO/CONVÊNIO/QUALIDADE, está sendo considerado, neste trabalho, como elemento facilitador da desafiante fase de saída do Planejamento Estratégico até a entrada no Planejamento Operacional, passando-se, neste trânsito, pela EDUCAÇÃO E TREINAMENTO - CAPACITAÇÃO - de todos os envolvidos.

Estamos vivendo um momento (Julho/1996) em que as empresas que subvertiam suas atividades-fins apresentando resultado não-operacional superior ao operacional, já voltaram às origens ou fecharam as portas. Este dado é fundamental para os profissionais envolvidos no Planejamento Operacional, Setor/Escola de Engenharia.

Supõe-se a existência do Planejamento Estratégico, feito sob a Coordenação do NQ&P/IES, validado pela forma amplamente participativa, preferencialmente após Seminários presentes a comunidade acadêmica e representantes convidados de todos os segmentos e entidades ligadas à comunidade, inclusive pais de alunos, representantes da Federação das Indústrias, do MEC, do CREA e do Ministério do Trabalho.

Com todas as contribuições recebidas discutidas e consolidadas, feitas as alterações necessárias com paciente retorno a um Seminário Final, o resultado é encaminhado ao Conselho mais Alto da Instituição (Conselho Universitário nas Universidades e Conselho Diretor nas IES) para deliberação final.

A homologação do Planejamento Estratégico é feita com a participação dos representantes dos próprios segmentos que participaram das discussões, uma vez que os mesmos são formalmente membros do Conselho mais alto da Instituição.

Segundo a Secretaria de Ensino Médio e Tecnológico (SEMTEC/MEC), são os seguintes os pressupostos básicos do Modelo Pedagógico para o Ensi-

no Tecnológico (transcrição resumida, datada de Novembro de 1994, feita pelo Núcleo da Qualidade e Produtividade do MEC/SEMTEC, a trabalho procedido pela Equipe Técnico-Pedagógica da Escola Técnica Federal do Rio Grande do Norte):

1. Visão mais abrangente da ciência e da sua conexão com a tecnologia visando a aplicações práticas no sistema produtivo.

2. Conceituação de área de formação acadêmica como um campo abrangente de conhecimentos científicos e tecnológicos que possibilita a formação do educando em uma das habilitações profissionais que podem dela derivar, tendo em vista responder às demandas do sistema produtivo.

3. Formação técnica levando em conta perfis profissionais correlacionados, com conteúdos curriculares, e considerando de forma especial as novas relações econômicas, tecnológicas e socio-culturais que se processam na sociedade contemporânea.

4. Interdisciplinaridade dos diversos campos do saber, a ser levada em conta na formação técnico-profissional e na integração horizontal dos conteúdos curriculares das várias áreas e habilitações.

5. Visão da educação como um processo contínuo que não se esgota simplesmente com o término de um curso regular de estudos, mas que se relaciona com as crescentes demandas que ocorrem no setor produtivo em função do avanço tecnológico e das transformações a ele inerentes.

6. Integração vertical dos cursos técnicos de nível médio com os cursos superiores correlatos, dentro da concepção abrangente da moderna educação tecnológica.

7. Flexibilidade de organização e gestão acadêmica, com racionalização de custos e de utilização de recursos de infra estrutura das instituições de educação tecnológica.

Seguem-se, para discussão, reflexão e análise de validade como diretrizes ao ensino de engenharia, conforme Normas para a Apresentação de Trabalhos no XXIV COBENGE, aspectos relacionados a ações consorciadas entendidos como enquadrados no Sub-Tema FORMAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO que contribuirão para a elevação do patamar médio de Qualidade das diversas Escolas de Engenharia e para o atendimento dos sete (7) pressupostos acima citados.

#### a) Sistema de Informação

Subscrição da IES na Rede UNITRABALHO.

A Coordenação Nacional da UNITRABALHO divulga que o objetivo inicial desta Rede é contribuir para que o conhecimento produzido na academia possa estar ao alcance dos trabalhadores e suas organiza-

ções sindicais de forma organizada e direcionada para a construção de uma sociedade mais desenvolvida e mais justa.

São prioridades de ação da Rede UNITRABALHO, para 1996, que demonstram a contribuição que esta Rede poderá dar para a Implementação dos Planos Setoriais em uma Escola de Engenharia:

. Implantação do "Sistema de Informação/Banco de Dados".

A própria Academia desconhece a sua própria produção no campo de trabalho. Além disto tal produção fica "intra muros" com pequeno acesso da sociedade em geral e das organizações dos trabalhadores em particular.

O Sistema de Informação/Banco de Dados busca intensificar o intercâmbio entre as IES; dar amplo acesso às organizações sociais vinculadas ao mundo do trabalho; facilitar o desenvolvimento de atividades de ensino e pesquisa em parceria da REDE com outras instituições sociais.

. Reestruturação Produtiva

. Cooperação entre a UNITRABALHO e seus PARCEIROS SOCIAIS

. Estruturação da UNITRABALHO.

b) Participação da Escola de Engenharia no REENGE - Reengenharia do Ensino de Engenharia do PRODENGE - Programa de Desenvolvimento das Engenharias.

As Teleconferências do Ensino de Engenharia que vêm ocorrendo ao longo do corrente ano de 1996, inaugurando a Rede Nacional de Engenharia (RNE) devem constituir o início de um processo de uso da tecnologia na ampliação das oportunidades educacionais.

O temário do Ciclo de Conferências/96 estimula a reflexão, o debate e a ação sobre as transformações do ensino, que corresponda às demandas e realidades da engenharia e do seu desenvolvimento no País.

Conforme proposto no Ciclo em desenvolvimento em 1996, "posteriormente, e até mesmo em paralelo, outros programas deverão corresponder às imediatas necessidades de melhoria do ensino como cursos de requalificação de docentes, de ex-alunos, de profissionais da região e até mesmo dos estudantes de pós-graduação e graduação em engenharia".

A EDUCAÇÃO E O TREINAMENTO - CAPACITAÇÃO - de docentes para a Implementação dos Planos Setoriais em Escolas de Engenharia, podem ocorrer no contexto deste programa, apoiado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e financiado pela FINEP, para as instituições que estiverem inscritas no mesmo.

Destacam-se, das Teleconferências propostas

para o ano de 1996, os seguintes temas de interesse para a capacitação de docentes das Escolas de Engenharia, com o público das teleaulas podendo formular perguntas ao vivo, por telefone ou fax:

- . Os fatores condicionantes da qualidade do ensino em engenharia.
- . Formação profissional e mercado de trabalho.
- . O futuro da engenharia e o engenheiro do futuro.
- . A eficácia dos novos métodos e tecnologias educacionais no ensino de engenharia.
- . A contribuição da pós graduação para o desenvolvimento da engenharia no País.
- . A experiência da pesquisa cooperativa em parcerias escola-empresa.
- . As relações entre ensino de engenharia e ensino básico.
- . Bases para um programa de atualização e requalificação dos professores de engenharia.
- . A educação continuada dos engenheiros e a aprendizagem a distância no ensino de engenharia.
- . Os sistemas de avaliação dos cursos de engenharia e o Exame Nacional.
- . Sistematização das informações, das propostas e conclusões.

**BIBLIOGRAFIA**

Ministério do Trabalho-Secretaria de Formação e Desenvolvimento Profissional.Educação Profissional:um projeto para o desenvolvimento sustentável.Brasília, Junho de 1995.

Rede UNITRABALHO - Plano Anual de Trabalho para 1996 - Fevereiro de 1.996.

LEANDRO, Ernani Ferreira. Artigo publicado nos Anais do COBENGE 94 - Implantação da Qualidade Total no Ensino de Engenharia. Porto Alegre-RS, 26/10/94.

Brasil.Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Proposta de Novo Modelo Pedagógico e de Formação de Docentes para o Ensino Técnico de Nível Médio/MEC/SEMTEC - Brasília: SEMTEC, 1994.

Schargel, Franklin P. Transforming education through total quality management: a practitioner's guide-EYE ON EDUCATION - P.O. BOX 388 - PRINCETON JUNCTION, NJ 08550 (609)799-9188 (609)799-3698 fax



## ESTRUTURA E FILOSOFIA DO PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO INTERDISCIPLINAR EM ENGENHARIA DA UFF

**Emmanuel Paiva de Andrade**

Departamento de Engenharia de Produção

**Roberto Guimarães Pereira**

Departamento de Engenharia Mecânica

Universidade Federal Fluminense

Rua Passo da Pátria 156

Niterói, RJ, CEP 24210-240

**Resumo:** O presente trabalho relata o processo de elaboração do Programa de Desenvolvimento Interdisciplinar em Engenharia da UFF (PRODINE/UFF), colocando em relevo o seu caráter interdisciplinar, o fio condutor que liga os diversos Laboratórios e Módulos, bem como o esforço de se construir as chamadas coalizões internas entre os diversos Centros e Unidades, além da integração do ensino de graduação com a pós-graduação e com o ensino de segundo grau. Foi através do PRODINE que a Universidade Federal Fluminense teve aprovada a sua proposta de adesão ao Programa de Desenvolvimento das Engenharias - Subprograma Reengenharia do Ensino de Engenharia (PRODENGE/REENGE).

**Palavras chave:** Ensino de Engenharia; Experimentos Metodológicos; Coalizão

**Abstract:** The present work describes the elaboration process of the Interdisciplinarity Development Program in Engineering of the Universidade Federal Fluminense (PRODINE/UFF), emphasizing its interdisciplinarity features, its relations among the several Laboratories and Modulus, as well the efforts in constructing the internal coalitions among the several Centers and Colleges of UFF, besides the integration of the under graduate courses with the graduate ones and with the second level courses. It was due to PRODINE that UFF has approved its enrollment proposal to the PRODENGE/REENGE program.

**Key words:** Engineering Teaching; Methodological Experiments; Coalition

### 1. INTRODUÇÃO

O Centro Tecnológico (CTC) da UFF, abriga a Escola de Engenharia e a Escola de Arquitetura e Urbanismo, localizadas no Campus da Praia Vermelha, assim como a Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda. As atividades de ensino e pesquisa no CTC vêm se intensificando e consolidando através de uma política de contratação de professores com qualificações avançadas e alto nível de titulação.

A Escola de Engenharia da UFF vem se reestruturando nos últimos anos, tanto em termos de infra-estrutura e espaço físico, com a construção do seu novo prédio e com a transformação e readaptação do antigo prédio para laboratórios, quanto com relação a constituição de um perfil do quadro docente mais permanente, com dedicação exclusiva, com alta titulação, voltado para o ensino, a pesquisa e a extensão, funções básicas do modelo de universidade adotado no país.

Essa reestruturação, embora tenha ensejado

transformações e experimentos isolados, internos na sua maioria aos diferentes Departamentos, com impacto significativo sobre o ensino de engenharia e sobre a relação com a comunidade como um todo, não logrou ainda alcançar o nível de integração desejável para se consolidar como uma nova cultura, mais abrangente, que preserve as características locais fortemente marcantes na UFF, ao mesmo tempo que incorpore as novas exigências colocadas ao ensino da engenharia pela velocidade das mudanças tecnológicas, pela globalização da economia e pelo redesenho radical do papel do trabalho nas economias globalizadas.

A par disso tudo, as mais recentes investigações acerca da natureza da tecnologia, da sua relação estreita porém autônoma com a ciência, do seu caráter de construção social, da importância do elemento tácito na sua composição, da sua forma estruturada e hierárquica, ao destacar características e especificidades da tecnologia, recomendam fortemente que se dê destaque, juntamente com a dimensão do mercado, à dimensão cognitiva da engenharia, ao

se planejar a sua reestruturação.

Essa parece ter sido também a ênfase dos órgãos ligados à Ciência e Tecnologia no Brasil (FINEP, CAPES, CNPq, MEC/SESU), ao lançar o edital do PRODENGE - Programa de Desenvolvimento das Engenharias, que se propunha a alocar, pela primeira vez, recursos institucionais diretamente às engenharias, conforme ficou claro no decorrer das palestras e debates do **I Seminário Internacional em Programas de Desenvolvimento de Engenharia**. Ficou claro também, naquela oportunidade, a existência de uma tendência básica com relação ao perfil do engenheiro que, como um eixo norteador, tem orientado a maioria dos experimentos aparentemente isolados, conduzidos nas diferentes instituições de ensino, tanto nacionais quanto internacionais e oportunamente sintetizados, no documento "**Sumário da Experiência Brasileira**", em categorias tão abrangentes como o "pensar globalmente e agir localmente" ou "ser cidadão do mundo".

Estudos recentes, que não tinham como objetivo central a questão específica do ensino da engenharia, mas sim a realização de diagnósticos mais amplos sobre a competitividade de indústrias e de países, têm se deparado com o verdadeiro gargalo em que se constituiu a formação de profissionais aptos a operarem com eficácia em contextos de aceleradas mudanças sócio-econômicas e tecnológicas. Dertouzos, Lester e Solow (1989) em pesquisa do MIT intitulada "*Made in America: Regaining the Productive Edge*" propõem mudanças nos currículos de engenharia nos EUA que, sem implicar em redução qualitativa da base técnica, incorporem conhecimentos sobre diferentes culturas e realidades sócio-econômicas, propondo inclusive a volta, naquele país, da exigência de conhecimento de língua estrangeira nos cursos de graduação.

Coutinho e Ferraz (1994), em pesquisa realizada para o Ministério de Ciência e Tecnologia sobre a competitividade da indústria brasileira, alertando para a importância do aumento da capacitação em engenharia - sem no entanto questionarem o modelo de ciência aplicada - falam da importância crescente das "atividades inovativas localizadas, concentradas em pólos setoriais/locais e baseadas em elementos do conhecimento que são menos padronizados e mais tácitos" (grifo nosso). Longo (1995), em ensaio em que propõe a "reengenharia" do ensino de engenharia, analisando o aparente paradoxo do acelerado desenvolvimento tecnológico japonês em contraste com a sua, nem tão acelerada assim, produção científica, quando comparados como os Estados Unidos, afirma que "quem 'engenheira' (neologismo cada vez mais utilizado para dar conta do específico da atividade de engenharia) não são, em geral, os cientistas, os prêmios Nobel ou os Ph.D's, mas sim os engenheiros que estão no setor produtivo".

É sob este pano de fundo, reconhecidamente amplo e complexo, que se coloca o desafio de compreender a dinâmica e as necessidades atuais do ensino da engenharia nas suas variadas dimensões e nos diferentes momentos da sua realização. Encontrar o eixo correto de intervenção significa demarcar o tema que integre adequadamente a questão da cognição tecnológica com a sua produção, empresarial e acadêmica, e a sua reprodução ampliada, através do ensino, da pesquisa, da inovação e da difusão tecnológicas.

Entre as características de ordem culturais e pessoais do indivíduo que busca na Universidade sua formação profissional (portanto na esfera dos dons pessoais) e a política universitária deliberada, a ser construída, de formação daquele determinado tipo de profissional que resolve determinado tipo de problemas (portanto da esfera, em última análise, de uma demanda do mercado, historicamente determinada) interpõe-se, necessariamente, até mesmo para garantir que esse encontro não seja fortuito, mas conscientemente provocado, a compreensão profunda da dimensão cognitiva da engenharia.

Essa abordagem permite que olhemos o ensino de engenharia não de uma maneira internista, como se dissesse respeito apenas à própria academia, mas à partir de uma imbricação entre "demandas" e "ofertas" negociadas continuamente por tripé composto pelas organizações produtivas, a universidade e as organizações profissionais. Permite também que projetemos um experimento que, em consonância com as exigências atuais de flexibilidade e mudanças aceleradas, aponte para a formação do profissional que, além da característica convencional de "solucionador de problemas" se revista de uma característica adicional, não trivial, de "identificador de problemas".

O PRODINE/UFF foi desenvolvido a partir desta perspectiva, partindo da disponibilização do antigo prédio da Engenharia no campus da Praia Vermelha em Niterói e da definição, pelos órgãos colegiados da Escola, da sua vocação como espaço por excelência da experimentação tecnológica, aí incluindo desde laboratórios de natureza interdisciplinar, geridos de forma matricial por diferentes departamentos ou unidades, até experimentos inovadores no campo da gestão tecnológica, como as empresas juniores de engenharia ou as incubadoras de empresas. O PRODINE visa garantir que este espaço tecnológico esteja constantemente buscando e fortalecendo tanto as coalizões internas, com as unidades e institutos das ciências básicas relacionadas à engenharia, quanto externas, com empresas ou institutos de pesquisa envolvidos em projetos ou pesquisa conjuntas, ao mesmo tempo que fortalecendo aquela que tem sido uma característica importante da UFF que é a sua permeabilidade junto a comunidade local, particularmente às escolas de 2º grau.

## 2. EXPERIMENTOS METODOLÓGICOS

A filosofia básica do PRODINE é a de dinamizar o ensino de graduação em engenharia à partir do incremento da "integração vertical" deste com o ensino de 2º grau e com a pós-graduação, tendo como referência demandas específicas do setor produtivo mas sem perder de vista elementos mais globais da política de desenvolvimento do país, aí incluídos não somente o desenvolvimento científico e tecnológico, mas também o desenvolvimento social. Do ponto de vista interno à academia, é consenso que esta dinamização não se fará sem trazer junto reformulações também nas ciências básicas relacionadas às engenharias, aí incluídas a Física, a Matemática, a Informática, a Química etc.

Nesse sentido o projeto define três experimentos metodológicos básicos, em torno dos quais articula o conjunto de infra-estruturas, apoios, módulos, laboratórios e experimentos 'exemplares'. Os experimentos metodológicos básicos são, respectivamente a **Iniciação à Engenharia (IE)**, a **Iniciação Tecnológica (IT)** e o **Projeto de Graduação Integrado (PGI)**.

### 2.1. Iniciação à Engenharia (IE)

Medir uma grandeza ou realizar um experimento físico, configuram um momento privilegiado onde conceitos previamente conhecidos, ou apenas intuídos, são "atestados" pela experiência, com um impacto significativo sobre a aprendizagem e o processo de fixação de conhecimento. Eis porque laboratórios didáticos, voltados para a familiarização do aluno com as modernas técnicas de medição, controle, aquisição e processamento de informações, são instrumentos absolutamente fundamentais para se aprender a "engenheirar" soluções. Tal é a importância, por exemplo, dos Laboratórios Didáticos de Física que, em consonância com a recém-implantada reforma curricular dos cursos de engenharia da UFF, permite a execução de experiências modulares com equipes formadas por alunos dos diversos cursos. Os produtos dessas experiências (posters, seminários, workshops etc) podem ser utilizados como facilitadores de aprendizagem para os alunos novos, ou mesmo para os do 2º grau e de Escolas Técnicas. As características básicas deste experimento metodológico estão evidenciadas na Tabela 1.

<b>Objetivos</b>	Introduzir os alunos do 2º grau e a comunidade no conhecimento das atividades dos engenheiros, bem como dinamizar a formação dos alunos de graduação do ciclo básico (1º e 2º períodos) integrando-os ao ciclo profissional.
<b>Atividades</b>	Oficinas permanentes em engenharia para o 2º grau Experimentos em engenharia
<b>Recursos</b>	Bolsas para os docentes orientadores Estímulo à participação dos alunos de graduação (compra de material didático, auxílio à participação em Congressos etc)

Tabela 1: Características básicas da "Iniciação à Engenharia"

### 2.2. Iniciação Tecnológica (IT)

É difícil conceber a formação de um médico sem o seu período de residência, realizado nos Hospitais-escola, como é o caso do Hospital Universitário Antônio Pedro em Niterói, ligado à UFF. Esta, também, é uma especificidade cognitiva importante da tecnologia - a de aprofundar o conhecimento resolvendo problemas reais - que torna necessária e desejável, tanto do ponto de vista acadêmico quanto do ponto de vista social, para as atividades de extensão universitária, a criação e o desenvolvimento do similar para a engenharia do Hospital Universitário para as ciências médicas. A UFF já dispõe de alguns instrumentos dessa natureza como a Empresa Júnior Meta Consultoria, em pleno funcionamento, e o consenso inicial em torno de um projeto de incubadora de empresas no antigo prédio da Engenharia, ao lado do prédio atual, e onde já funcionam vários laboratórios de engenharia.

A criação neste espaço, de laboratórios comunitários, voltados para a prestação de serviços de natureza tecnológica, principalmente para pequenas empresas e com função social claramente explicitada, poderia, ao mesmo tempo que se beneficiar da sinergia tecnológica do local, contribuir para a formação dos alunos e para a valorização de suas carreiras profissionais, engajando professores e alunos, com estrutura matricial formada pelos diversos departamentos envolvidos no PRODENGE. A Tabela 2 mostra algumas características da "Iniciação Tecnológica".

<b>Objetivos</b>	Introduzir os alunos de graduação do 3º ao 8º períodos em atividades científico-tecnológicas.
<b>Atividades</b>	Experimentação na indústria Experimentação na pesquisa
<b>Recursos</b>	Bolsa para os alunos Bolsa para os orientadores Estímulo à participação de alunos de pós-graduação como monitores (material didático, participação em Congressos etc)

Tabela 2: Características básicas da "Iniciação Tecnológica"

### 2.3. Projeto de Graduação Integrado (PGI)

Se a organização estruturada e hierárquica é um traço importante da Ciência como é praticada hoje, na Tecnologia ela é uma característica fundamental. A resolução de problemas tecnológicos cada vez mais se faz em contextos multi disciplinares, relativamente autônomos, hierárquicos e modulares, e que se comunicam intensamente tendo o *Projeto* ou *Design* como principal mediação técnica. O trabalho de equipes multi disciplinares, com todas as suas exigências de intercomunicação, de formação de lideranças, de definição de responsabilidades e de produção e apropriação coletivas de resultados, é condição para o sucesso do empreendimento tecnológico.



Nesse sentido, assume enorme importância na formação do engenheiro a questão da "tradução", aqui entendida como capacidade de diálogo entre diferentes saberes técnicos, de utilização de diferentes instrumentos tecnológicos e de transformação de necessidades em especificações, destas em projetos e destes em produtos. O "Projeto Final de Engenharia", disciplina obrigatória em todos os cursos de graduação em engenharia da UFF, pode ser utilizado, no âmbito desse experimento, como potencializador dessa "tecnologia da tradução", antecipando com vantagens para o futuro engenheiro a aquisição de um conhecimento tácito, dialogal, que ele só viria a ter, de fato, no seu futuro ambiente de trabalho, e que é responsável por parcela significativa das atividades que levam à inovação tecnológica nas empresas. Algumas características básicas deste experimento metodológico encontram-se na Tabela 3.

<b>Objetivos</b>	Possibilitar o convívio de alunos de diferentes áreas de engenharia voltados para o desenvolvimento de um "projeto integrado".
<b>Atividades:</b>	Desenvolvimento do projeto final do curso de engenharia, previsto nos diferentes cursos de engenharia da UFF, por equipes multi-departamentais.
<b>Recursos</b>	Financiamento do projeto de graduação integrado Bolsa para os orientadores

Tabela 3: Características básicas do "Projeto de Graduação Integrado"

#### 2.4. Experimentos/Módulos Integrados

Um mérito inquestionável do PRODENGE é, sem dúvida, a explicitação como política, de uma tendência que, mais fragmentariamente em algumas universidades, ou menos em outras, vinha se consolidando nos últimos tempos, em torno da idéia e da necessidade de transformações profundas no ensino da engenharia. Vários experimentos isolados vinham disputando espaço nos diferentes Departamentos ou Institutos das Universidades, com diferentes graus de dificuldades decorrentes do seu próprio caráter inovador. O PRODENGE encoraja esses experimentos, dando-lhes um norte e mostrando a sua consistência interna, ao sumarizar a experiência brasileira, confrontando-a simultaneamente com a experiência internacional.

No caso do PRODINE, 15 experimentos/módulos, devidamente articulados, dão suporte aos três experimentos metodológicos anteriormente citados. São eles: Experimento Cooperativo de Volta Redonda; Experimentos Interdisciplinares em Reologia e Energias Alternativas; Módulo de Física Básica; Módulo de Fenômenos de Transporte; Módulo de Mecânica Aplicada e Robótica; Módulo de Automação; Módulo de Apoio à Decisão e Gestão Tecnológica; Módulo de Engenharia de Água e Solo; Módulo de Metrologia e

Qualidade; Módulo de Química Básica; Módulo de Matemática; Articulação com o Ensino de 2º Grau e Compromisso com a Formação Continuada de Professores; Controle de Qualidade do Ensino e Biblioteca.

### 3. CONCLUSÕES

Se tivéssemos que selecionar duas palavras-chave para caracterizar o PRODINE/UFF escolheríamos **experimento metodológico** e **coalizão**. Em torno da idéia de experimentos metodológicos e através das coalizões entre as engenharias e as ciências básicas montou-se um grupo de trabalho que viabilizou a construção do Programa.

Elaborou-se, também, o plano de aplicação de recursos do programa, a descrição dos processos para acompanhamento, avaliação e controle dos diversos experimentos, bem como o plano geral de gestão do PRODINE.

### 4. BIBLIOGRAFIA

**COUTINHO**, Luciano e **FERRAZ**, João Carlos (coord.). *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira*. Campinas, SP: Papyrus; Editora da Universidade Estadual de Campinas, 1994.

**DERTOUZOS**, Michael L., **LESTER**, Richard K., **SOLOW**, Robert M. and The MIT Commission on Industrial Productivity; *Made in America: Regaining the Productive Edge*. Cambridge (Massachusetts), London (England):The MIT Press, 1989.

**LONGO**, Waldimir Pirró. "Reengenharia do Ensino de Engenharia: Uma Necessidade". In: *Anais do XV ENEGEP*, São Carlos-SP, pp. 1772-1775, set/1995.



# **COBENGE 97**

**XXV CONGRESSO BRASILEIRO  
DE ENSINO DE ENGENHARIA**

**EM BUSCA DE NOVA PERSPECTIVAS  
PARA O ENSINO**

**12 A 15 DE OUTUBRO DE 1997**

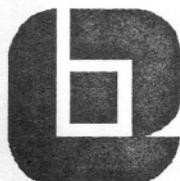
**ESCOLA POLITÉCNICA  
UFBA**

**SALVADOR-BA  
BRASIL**

**Organização:**

Universidade Federal da Bahia  
Universidade Católica de Salvador  
Universidade Estadual de Feira de Santa

**Promoção: ABENGE**



**Apoio: CONFEA**



## CONHEÇA UMA DAS INSTITUIÇÕES ASSOCIADAS

A partir desta edição, publicaremos uma série de perfis das instituições associadas à Abenge. A primeira delas é a Universidade São Judas. Leia a seguir.

A Universidade São Judas vem se firmando nos últimos anos como uma das mais respeitáveis instituições de ensino particular do País. Localizada no bairro da Mooca, a poucos minutos do centro da cidade de São Paulo, conta com um campus de 75 mil metros quadrados de área construída. Uma infra-estrutura completa foi criada para oferecer um ensino de qualidade comprovada.

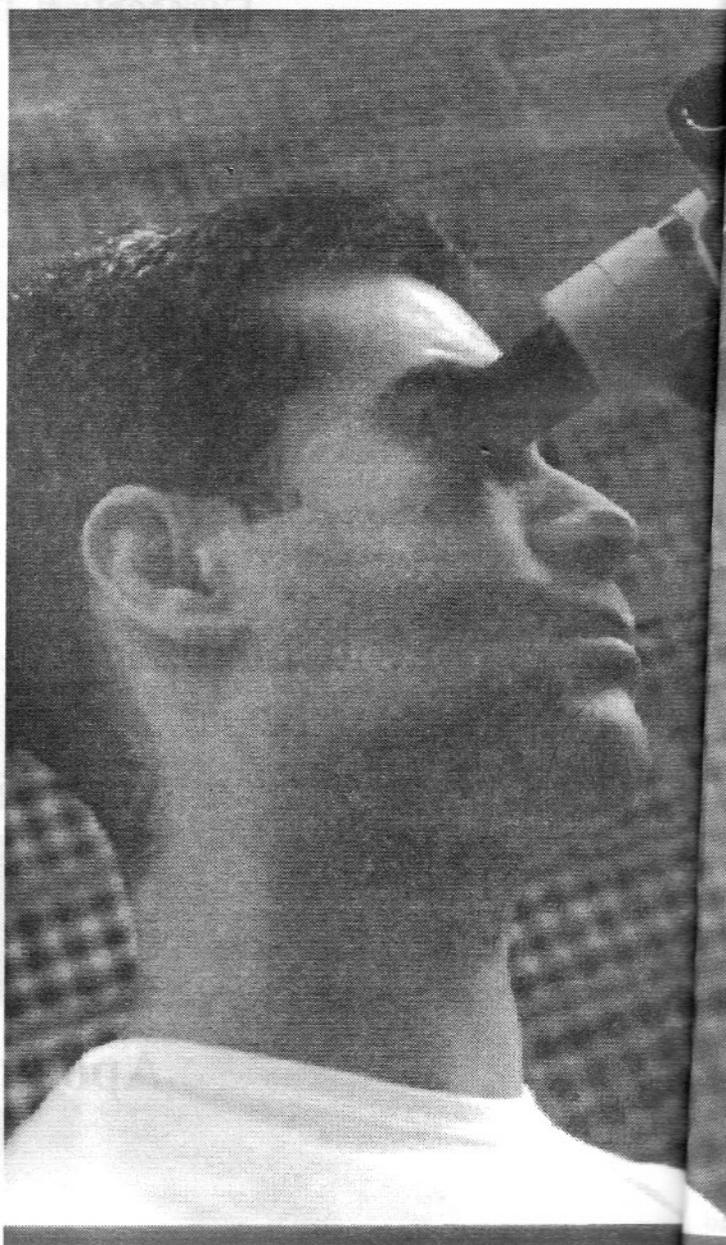
Auditórios, teatro, livrarias, ginásio poliesportivo e mais de 100 laboratórios estão à disposição de quase 20 mil alunos matriculados nos cursos de graduação. A Biblioteca da Universidade possui mais de 160 mil exemplares, sendo que a atualização e renovação dos títulos é constante e permite acesso a publicações nacionais e estrangeiras.

Com aproximadamente 4 mil alunos e 162 professores, a Faculdade de Tecnologia e Ciências Exatas da São Judas oferece quatro habilitações em Engenharia, além de Ciência da Computação, Curso Superior de Tecnologia em Processamento de Dados e Matemática. A partir do Vestibular 98, também a carreira em Análise de Sistemas estará à disposição dos estudantes.

### Corpo docente e colocação profissional

A Universidade São Judas estimula a qualificação de seus professores e vem contratando os melhores profissionais de cada área, contando hoje com um corpo docente de primeira linha.

O investimento na colocação profissional dos alunos é outra prioridade. A São Judas toma a iniciativa de estabelecer convênios com entidades patrocinadoras de pesquisas, em busca de diálogo com a sociedade e com as empresas. A assinatura de diversos acordos com instituições como Cofap e Microsoft, entre outras, resulta dessa preocupação.





### Comunidade

O Centro de Psicologia Aplicada e o Escritório de Assistência Judiciária são dois dos serviços gratuitos oferecidos à comunidade pela São Judas. Alunos dos cursos de Psicologia e Direito prestam atendimento gratuito à população de baixa renda, sob supervisão direta de professores e profissionais contratados.

Dessa forma, os estudantes aliam experiência com a realidade profissional e prestam um serviço de utilidade pública.

### Ensino completo

Além de manter mais de 25 cursos de graduação, a São Judas oferece várias opções em Pós-Graduação *Lato Sensu*, cursos de extensão universitária e Licenciatura (incluindo Treinamento Empresarial).

Por meio do Centro de Pesquisa, criado para organizar e estimular a produção científica na Universidade, mantém o Regime de Iniciação Científica (RIC). Nele, alunos de graduação desenvolvem atividades nas áreas de metodologia científica, estatística, filosofia e ciências, em um programa de quatro semestres.

### Bons resultados no provão

Os resultados divulgados recentemente pelo Ministério da Educação e do Desporto a respeito do Exame Nacional de Cursos, aplicado em outubro de 1996, mostraram que os alunos da Universidade São Judas obtiveram um desempenho uniforme e muito positivo. Nos três cursos avaliados, a São Judas ficou com o conceito B. O curso de Engenharia Civil foi avaliado com nota máxima (conceito A) quanto à titulação de seus professores.

Agora, a Universidade deve redobrar esforços para manter e alcançar patamares mais elevados, reafirmando seu compromisso com um ensino superior de qualidade.

### Universidade São Judas

Rua Taquari, 546 - Mooca - S. Paulo - SP  
Tel.: (011) 608-1677

Web: [www.saojudas.br](http://www.saojudas.br)  
E.mail: [webmaster@saojudas.br](mailto:webmaster@saojudas.br)



## ORIENTAÇÃO AOS AUTORES E COLABORADORES DA REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

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

### 1 - O CONTEÚDO DA REVISTA SE COMPÕE DE:

- a) Apresentação da ABENGE :
- b) Artigos:
- c) Resumo de teses
- d) Comunicações.
- e) Conheça as Instituições associadas.

#### 1.1 - Apresentação da ABENGE

Consiste de um espaço para que a Diretoria da ABENGE possa dar seu depoimento, fazer análises e propor debates sobre problemas específicos de relevância e atualidade no ensino de engenharia.

#### 1.2 - Artigos

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

A responsabilidade dos artigos aqui publicados é dos autores.

#### 1.3 - Resumo de Teses

Os resumos de teses de Mestrado e Doutorado que tenham interesse para o ensino de engenharia poderão ser publicados pelos seus autores.

#### 1.4 - Comunicações

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

#### 1.5 - Instituições Associadas

Espaço para a divulgação dos perfis das Instituições associadas à ABENGE.

### 2 - NORMAS PARA APRESENTAÇÃO DOS ORIGINALS

O texto das contribuições deverá ser apresentado em três vias em papel, conforme modelo ao lado e em disquete de 3 1/2" no formatos \*.doc.

Os trabalhos devem ser enviados para a sede da ABENGE em Brasília com a indicação: "Revista de Ensino de Engenharia".

### 3 - LINGUA E EXTENSÃO DO TEXTO

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

A extensão máxima de cada artigo não deverá ultrapassar 15 páginas.

### 4 - ESTRUTURA DO TEXTO

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

- a) título em português ou língua estrangeira;
- b) nome do autor ou autores, com a vinculação, qualificação profissional e endereço completo para correspondência;
- c) resumo
- d) palavras chave: no máximo 5 (cinco) palavras
- e) abstract: resumo em inglês
- f) key words: palavras chave em inglês
- g) corpo do artigo: deve ser apresentado em duas colunas, constando de: Introdução, desenvolvimento, conclusão e bibliografia;
- h) bibliografias: deve ser apresentada de acordo com as normas da ABNT

### 5 - COMPLEMENTOS DO TEXTO

As ilustrações, tabelas e gráficos, devem ser apresentados com suas respectivas legendas e podem ocupar uma ou duas colunas.

### 6 - CRITÉRIO DE SELEÇÃO

Os artigos e resumos de Teses somente serão publicados após análise e aprovação de, no mínimo, dois membros do Conselho Editorial. Caso o parecer de pelo menos um Revisor, solicite alterações no trabalho original, este será devolvido ao autor, para que possa fazer as modificações sugeridas.



# MODELO DA FORMATAÇÃO ADOTADA PELA REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

Formato A4 (210x297)

## TÍTULO

**Autores**  
**Instituição**  
**Endereço**

**Resumo.-:** xxxxxxxxxxx

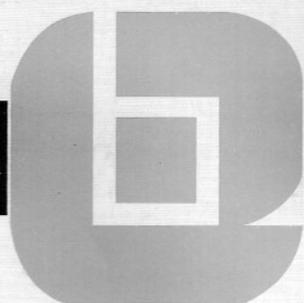
**Palavras Chave.-:** xxxxxxxxxxx

**Abstract.-:** xxxxxxxxxxx

**Key Words.-:** xxxxxxxxxxx

Texto do artigo  
em duas colunas

- INTRODUÇÃO
- DESENVOLVIMENTO
- CONCLUSÃO
- BIBLIOGRAFIA



**abenge**

Revista de Ensino de Engenharia