

REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

V.7 - N^o 2 — 2^o semestre de 1988
ISSN-0101-5001

N.Cham.

Autor

Título Revista de Ensino de Engenharia



v.7, n.2, jul. 1988 PUCPR - BC 00376881



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

Presidente
Paulo Alcântara Gomes

1º Vice-Presidente
Francisco Luiz Danna

2º Vice-Presidente
Cid dos Santos Gesteira

Diretor-Secretário
Marcius F. Giorgetti

Diretor-Financeiro
Roberto Atienza

REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA
Edição Semestral da Associação Brasileira de
Ensino de Engenharia com 4 seções: Forum ABENGE,
Artigos, Comunicações e Cartas à Redação.

Editor Responsável
Prof. Marcius F. Giorgetti

Editor Adjunto
Prof. Eduardo Cleto Pires

Produção
Centro de Tecnologia Educacional para Engenharia
CETEPE - EESC - USP

Composição e Artes Gráficas:
The Print Shop - Express Service

Impressão
Serviço Gráfico
Escola de Engenharia de São Carlos - USP

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

Preços
Assinatura Anual - 1.0 OTN
Exemplar Avulso - 0.5 OTN

Apoio
SESu/MEC

Correspondência
Prof. Marcius F. Giorgetti
Escola de Engenharia de S. Carlos - USP
13.560 - São Carlos - SP - Brasil
Caixa Postal 359 - Fone: (0162)72-6222

Conteúdo / Contents

Forum ABENGE: O ensino da matéria "Administração" nos cursos de Engenharia. <i>The Teaching of "Administration" in Engineering Courses.</i>	63
MAHLER, Claudio Fernando: Avaliação de Curso na Escola de Engenharia - uma Experiência em Desenvolvimento. <i>Course evaluation in the school of engineering - an experience in development.</i>	74
MENEGUETTI, Marcela P. M. Zanin: Currículos Plenos: Conteúdos Mínimos? <i>Full curricula: minimal contents?</i>	82
JUNIOR, Alcindo do Prado; MELO, Mairton de Oliveira; ZANCHIN, Carlos Inácio; LIMA, Walter Celso de: Ensino Experimental de Controle Automático Usando Microcomputador. <i>Experimental teaching of automatic control with microcomputer.</i>	91
FALCONE, Aurio Gilberto: Força Eletromotriz Induzida nas Máquinas de Corrente Contínua - Um Novo Método para a sua Demonstração. <i>Electromotive Force Induced in Direct Current Machines - A New Method for its Derivation.</i>	100
ARENS, Hans G.: Interpolação Numérica Através de Segmentos Parabólicos. <i>Numerical interpolation Trough parabolic segments.</i>	106
FILHO, Baptista Gargione: Organizadores Avançados de Física para Alunos Recém Ingressados nos Cursos de Engenharia do ITA. <i>Advanced Organizers for the Physics Course for Freshman Engineering Students at ITA.</i>	111
SILVA, João Fernando Custódio da: O Significado do Projeto Final para o Curso de Engenharia Cartográfica. <i>The meaning of capstone project for the cartographic engineering course.</i>	114
RAMOS, Marcelo Agra: Síntese de Sinais Aleatórios Estacionários. <i>Stationary Random Signal Synthesis.</i>	117

Forum ABENGE

O ensino da matéria "Administração" nos cursos de Engenharia

Forum ABENGE: o ensino da matéria "Administração" nos cursos de Engenharia. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 63-73, 2ª sem. 1988.

A partir de documento sobre o assunto emitiram-se opiniões sobre a questão do ensino e importância desta matéria nos diversos cursos de engenharia.

Administração, Ensino de Engenharia, Engenharia de Produção.

Forum ABENGE: The teaching of "Administration" in Engineering Courses. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 63-73, 2ª sem. 1988.

From a basic document on this subject several opinions on the teaching and importance of this subject in the different Engineering Courses.

Administration, Engineering Teaching, Production Engineering

Apresentação

Por iniciativa do Departamento de Engenharia Industrial da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, foi realizado um estudo sobre o ensino da matéria Administração nos cursos de engenharia. Tal estudo visou a compatibilização dos assuntos lecionados em disciplina daquela escola com as normas do Conselho Federal de Educação.

A comissão, responsável pelo trabalho, composta pelos Professores Adalberto Casemiro Alves, Jocy Elizabeth Normand, presididos pelo Prof. Gledson Luiz Costincho, encaminhou o Relatório/Proposta à ABENGE, a qual utilizou o documento como texto básico do fórum ora publicado.

A diretoria da ABENGE agradece à contribuição dos referidos professores, ao Departamento de Engenharia Industrial e a todos que enviaram seus pareceres.

NOTA EDITORIAL

Inicialmente os editores da Revista de Ensino de Engenharia agradecem a todos que colaboraram na publicação deste número, em especial à FAPESP e ao CNPq* pelo financiamento e à Escola de Engenharia de São Carlos - USP, pelos serviços de impressão e apoio técnico.

A Assembléia anual da ABENGE em 1988 foi realizada em São Paulo, nas dependências do CREA, no dia 30 de novembro. Nessa ocasião foram aprovadas algumas importantes propostas de ação para o exercício de 1989.

A diretoria da associação deverá coordenar a realização de um seminário Nacional Sobre Educação Continuada do Engenheiro, e deverá, através das regionais da ABENGE, promover a realização de Seminários Regionais Sobre Parques Tecnológicos.

No entanto, o evento de maior vulto, e que neste ano promete, mais uma vez, agitar

os meios educacionais na área tecnológica, será o COBENGE-89 que será realizado entre 23 e 26 de julho em Curitiba, Paraná. Os temas abordados serão os seguintes:

- I - A formação do engenheiro na sociedade atual
 - O perfil do engenheiro necessário para o Século XXI;
 - O ensino de engenharia e a nova Constituição brasileira;
 - O ensino de engenharia e as novas tecnologias.
- II - O ensino e a aprendizagem nos cursos de engenharia.

Em nome da diretoria da ABENGE os editores da Revista de Ensino de Engenharia conclamam os colegas a participarem ativamente do próximo COBENGE-89

Até a vista em Curitiba.

A Diretoria

* Proc. FAPESP 88/0775 - 9, Publicação do periódico Revista de Ensino de Engenharia.

Proc. CNPq 401669 - 88.2, Publicação do periódico Revista de Ensino de Engenharia.

Relatório/Proposta

I. Finalidade do Trabalho

A Comissão formada pelos Professores Gledson Luiz Coutinho, Adalberto Cassemiro Alves Braz e Jucy Elizabeth Normand, designada em 28/09/87 pelo atual Chefe do Departamento, sob a presidência do primeiro, teve por objetivo "...compatibilizar os assuntos lecionados na Disciplina EID-102 com as normas do CFE...".

II. Considerações sobre a Legislação Básica

A Resolução de número 48, de 27 de abril de 1976, do Conselho Federal de Educação fixou "os mínimos de conteúdo e de duração do curso de graduação em Engenharia (...)" e nela estão fundamentadas, sob o aspecto jurídico, todas as decisões pertinentes ao ensino de Engenharia.

O C.F.E. definiu apenas "matérias" que devem ser ministradas aos alunos, deixando a forma de ministrá-las (uma disciplina, várias disciplinas ou parte de disciplina) e as cargas horárias ao arbítrio das I.E.S.

Nos Termos da resolução, as "matérias" se classificam, quanto à sua finalidade, em:

- destinadas à "formação básica", que são comuns a todas as áreas (Mecânica, Elétrica, Química, Metalúrgica, Civil e de Minas), compreendendo os fundamentos científicos e tecnológicos da Engenharia";
- destinadas à "formação profissional geral", também comuns às seis áreas e contêm "assuntos que contribuam para complementar a formação básica do Engenheiro, capacitando-o à utilização de elementos de natureza sócio-econômica no processo de elaboração criativa";
- destinadas à "formação profissional geral", específicas de cada uma das seis áreas e pertinentes aos seus "fundamentos, materiais, sistemas e processos";
- de "formação profissional específica", que contêm "assuntos ou que cubram outros aspectos da profissão ligados às habilitações das seis áreas da engenharia" como, por exemplo, Engenharia Elétrica, Habilidade Eletrônica, Engenharias Civil, Habilidade Saneamento, Engenharia Mecânica, Habilidade Produção. Partindo do conhecido adágio segundo o qual

ENGENHARIA = FÍSICA + BOM SENSO

parece válido dizer que a "Física", da fórmula, está representada no currículo pelas matérias de formação básica, as de formação profissional geral e as de formação profissional específica, enquanto o "bom senso" está representado pelas matérias de "formação geral", além do bom senso, "stricto sensu", inato, que todo Engenheiro deve ter.

O legislador omitiu-se no que diz respeito à carga horária que deve ser destinada a cada uma das parcelas do segundo membro da equação acima. Em outras palavras, não determinou a dimensão do esforço que as I.E.S. devem exercer para ministrar aos seus alunos a "Física" e o "bom senso", de cujo somatório deve resultar um bom currículo para a formação do profissional Engenheiro de que o país necessita.

Não é pacífica a discussão em torno do perfil desejado para o Engenheiro brasileiro. Se, por um lado, este profissional pode ser visto como o que *aplica conhecimentos científicos lastreados em matemática, física e química aos problemas do mundo real*, não é desconhecido, por outro lado, que o Engenheiro *trabalha com seres humanos, para seres humanos, num contexto de escassez de recursos*, onde se ressalta a importância dos aspectos administrativos, sociais e econômicos. Dominando a tecnologia de um determinado setor produtivo, o Engenheiro surge como o administrador natural das empresas e instituições dela dependentes, recusada que está, em princípio, a tese favorável à separação dos conhecimentos tecnológicos e os administrativos, que pretenderia abrir espaço para o administrador profissional (assim chamado o portador de diploma de administrador), como cabeça das empresas e instituições orientadas para a Engenharia. Daí porque, poucos anos após a sua formatura, o Engenheiro já ocupa cargo de chefia e assim permanece durante a maior parte da sua vida útil profissional. Os países do terceiro mundo, como se sabe, começam o seu desenvolvimento pela industrialização e esta, pela indústria de base, exatamente o tipo que é orientado para a Engenharia. A conclusão, portanto é que, no Brasil, Engenheiro surge como o administrador típico — e mais competente — para as suas empresas, o que é farta e inequivocamente comprovado pelos fatos.

A Comissão de D.E.I. considera, portanto, lamentável que a Comissão de Ensino de Engenharia, criada para fornecer subsídio ao Conselho Federal de Educação, no seu intento de reformular o currículo mínimo de Engenharia (do qual resultou a Resolução nº 48, do C.F.E.), tenha proposto uma

carga horária de apenas 240h para as matérias de Formação Geral, o que corresponde a cerca de 6,6% da duração mínima (3600 horas) prevista para o curso.

Felizmente, o C.F.E., de quem se poderia esperar decisões mais conservadoras do que as da Comissão, não acatou a sugestão e deixou a questão das cargas horárias para ser resolvida no âmbito nas I.E.S.. Desta forma, elas poderão, atribuindo espaço maior do que 240h para as matérias de Formação Geral, formar engenheiros cujos conhecimentos não estejam limitados aos preceitos teóricos e práticos das ciências baseadas na matemática, na física, na química e da computação, por exemplo, mas se estendam um pouco além, em direção à realidade política, social e econômica que os cerca, no terceiro mundo em que vivem.

Se o taylorismo, aplicado no ambiente fabril, teve como marco significativo a separação entre o planejamento e a execução do trabalho, consequência da alegada estupidez do operário da época, que o impedia de contribuir para melhorar a maneira de trabalhar, tem-se a impressão de que a proposta da Comissão de Ensino de Engenharia constitui uma velada tentativa de implantar, no Brasil, um "taylorismo de colarinho branco". Isto, porque, aparentemente, ela tentaria reservar aos Engenheiros a competência técnica para lidar com máquinas, projetos, ábacos, manuais e cálculo, mas os privaria de conhecimentos pertinentes à Alta Administração da Empresa (numa época em que o capital estrangeiro recebia tratamento privilegiado) e das instituições públicas, como o Direito, a Economia, a Sociologia, a Administração, o Planejamento, eis que todas essas disciplinas estariam comprimidas num compartimento de 240h.

III. Fontes de Informação

Para fundamentar sua proposta a Comissão procedeu da seguinte maneira:

- 1- Enviou cartas a diversas universidades brasileiras, pedindo esclarecimentos sobre o ensino da "matéria administração". Foram solicitados dados relativos a carga horária total, conteúdo programático, número de disciplinas oferecidas, bibliografias, unicidade da mesma em relação aos diferentes cursos. (Os anexos I e II são, respectivamente, cópia da carta e relação das instituições às quais ela foi enviada.)
- 2- Enviou questionários, sobre as questões acima, a profissionais de Engenharia que ocupam cargo de gerência nas seguintes empresas:

COPASA, MBR, USIMINAS, CEMIG, Rede Ferroviária Federal S.A., Cia. Vale do Rio Doce e a profissionais das áreas de Engenharia Química e Engenharia Civil. (o questionário é o anexo III).

- 3- Solicitou-se à ABENGE o envio do Relatório da Comissão de Ensino de Engenharia que forneceu subsídios aos C.F.E., no seu intento de elaborar uma resolução (que veio a ser a de nº 48, 1976) para reformulação dos currículos mínimos dos cursos de Engenharia.

IV. Constatações

Na análise dos currículos das diversas escolas, a Comissão constatou que não existe a mínima uniformidade em relação a qualquer um dos itens pesquisados. O desconhecimento da legislação (Resolução nº 48 do C.F.E., de 1976) é generalizado, na medida que numerosos programas de Estatística e Economia nos foram enviados, como se pertencessem à matéria Administração. A análise dos questionários preenchidos por profissionais serviu para orientar a Comissão particularmente para a distribuição das cargas horárias relativas aos seis grandes tópicos contidos da "matéria Administração". Por sua vez, o Relatório da Comissão de Ensino de Engenharia, que serviu de subsídio para a reformulação do currículo mínimo de Engenharia, pelo C.F.E., nada informa sobre a ministração da "matéria Administração".

Ao solicitar da ABENGE que lhe enviasse o documento, a Comissão do D.E.I. esperava encontrar nele o objetivo geral e os objetivos específicos da matéria, de forma suficientemente clara para compensar a ambigüidade de alguns dos tópicos que a compõem, como "Administração e Organização de Empresas" e "Métodos de Planejamento e Controle" e a dúvida causada pelo grande número de Tópicos.

Não é, por conseguinte, surpreendente a falta de uniformidade com que a matéria Administração é ministrada nas escolas de Engenharia do país, já que D.A.U. não emitiu diretrizes a seu respeito, como o fez, por exemplo, em relação à "matéria Humanidades e Ciências Sociais", em junho de 1977. Se o fez, a divulgação não foi suficientemente ampla.

Como resultado da análise desse material e de suas discussões, visando à uniformização do ensino e à melhor qualidade do programa da disciplina, a Comissão formulou as seguintes propostas:

V. Proposta Básica

A Proposta Básica da Comissão é que

"a matéria Administração seja lecionada na forma de uma mesma e única disciplina para todos os cursos, com carga horária semestral de 75h, que cubra todos os tópicos mencionados na Resolução nº 48, de 1976, do Conselho Federal de Educação, cujo objetivo geral seja o de introduzir os alunos no estudo da administração, sem qualquer pretensão de aprofundamento."

VI. Propostas para ação imediata e

— Administração e Organização de Empresas.....	15 horas
— Métodos de Planejamento e Controle.....	15 horas
— Administração Financeira.....	12 horas
— Administração de Pessoal.....	21 horas
— Aspectos Operacionais.....	9 horas
— Aspectos Comportamentais.....	12 horas
— Administração de Suprimentos.....	6 horas
— Contabilidade e Balanço.....	6 horas
Total.....	75 horas

- VI.3 os programas dos tópicos sejam os que constam do anexo IV, em princípio. Pequenas alterações, condensadas, poderão ser introduzidas;
- VI.4 a bibliografia básica da disciplina seja uma apostila constituída de 6 partes, cada uma correspondente a um tópico, a ser escrita durante o primeiro semestre do próximo ano. A redação de cada parte será de responsabilidade de um professor e a dimensão média de cada parte será de 4 páginas por hora x aula;
- VI.5 a disciplina seja lecionada no oitavo período de todos os cursos;
- VI.6 seja redefinido o pré-requisito da disciplina;
- VI.7 a disciplina seja lecionada por um único professor por turma, admitindo-se, transitoriamente, que dois a lecionem em cada turma, nos três próximos semestres;
- VI.8 a disciplina, considerado o seu caráter introdutório e visando à economia de mão-de-obra docente, seja lecionada para turmas mistas de alunos de vários cursos, com matrícula a critério dos mesmos e respeitado um número máximo a ser determinado;
- VI.9 enquanto a disciplina for lecionada por dois professores para uma mesma turma, um deles será designado seu coordenador e, por isto, responsável, perante a Assembléia do D.E.I. pela sua minis-

resultados esperados a curto e médio prazos, visando à implementação da proposta básica.

Tendo em vista a implementação da Proposta Básica, a Comissão propõe que:

- VI.1 a disciplina, para todos os cursos, passe a ter um mesmo nome e um mesmo código;
- VI.2 a carga horária semestral da disciplina seja dividida da seguinte maneira:

VI.10 tração. O outro professor será considerado colaborador; deverá ser designado um *coordenador da disciplina*, pela Assembléia do Departamento, cujo papel será o de zelar para que, nas várias turmas, a disciplina seja lecionada em conformidade com as diretrizes vigentes.

VII. Propostas complementares, no processo de implantação da Proposta Básica.

Para resolver problemas já existentes ou que venham a surgir, a Comissão propõe que:

- VII.1 disciplinas optativas deverão ser oferecidas aos alunos de todas as áreas sobre cada um dos tópicos da disciplina básica, com carga horária não inferior a 45 horas por semestre, para aprofundamento;
- VII.2 a atual disciplina EID-109, com o título de Administração do Canteiro de Obras, ou outro, que seja mais representativo do seu conteúdo, seja oferecida como disciplina optativa, cujo pré-requisito deverá ser a EID-102;
- VII.3 a Assembléia do D.E.I. deverá considerar, sempre, a possibilidade de promover o rodízio de Professores entre as disciplinas por ele oferecidas;
- VII.4 tão logo tenha recursos docentes próprios, o D.E.I. assumirá a responsabilidade pela

ministração das disciplinas que, pertinentes à sua área de atuação, sejam lecionadas para qualquer área da Engenharia por outros Departamentos da Universidade. (É o caso da disciplina DCC-162, Otimização e Simulação de Sistemas de Engenharia, oferecida aos cursos de Engenharia Química e Metalúrgica);

- VII.5 o D.E.I. inicie imediatamente um movimento visando à recuperação de espaço no currículo do Curso de Engenharia Civil, de modo que a carga horária da disciplina seja elevada novamente 75 horas por semestre.

VIII. Proposta para ação imediata e resultados de longo prazo

Código	Nome da Disciplina	Classificação	Carga horária
CAD-127	Org. Industrial, Fundamentos de Administração	OP	60
EID-104	Engenharia Industrial. Organização Industrial B I	CM	75
EID-105	Engenharia Industrial. Organização Industrial B II	CM	75
EID-106	Engenharia Industrial. Métodos Quantitativos	OP	60
CAD-126	Administração Financeira	OP	60

Para a perfeita cobertura dos tópicos da matéria Administração, a Comissão propõe que:

- IX.1 as disciplinas CAD-127 e CAD-126 passem a ter caráter de disciplinas do currículo mínimo, para os alunos da ênfase Produção;
- IX.2 na disciplina CAD-127, em sua parte inicial, seja introduzido o estudo do Planejamento Estratégico, com carga horária de 15 horas, ficando as 45 restantes para a Teoria de Administração;
- IX.3 na disciplina EID-104 (B I), seja introduzido, em sua parte final, o estudo da função Suprimentos, com carga 25 horas ficando as demais para estudo de Planejamento e Controle da Produção;
- IX.4 a disciplina EID-105 (B II) seja integralmente dedicada ao tópico Administração de Pessoal, com 30 horas dedicadas aos aspectos operacionais, 30 horas aos aspectos comportamentais e 15 horas aos principais aspectos da legislação trabalhista;

Que seja exercido, de todas as formas e em todos os momentos, um esforço junto aos vários setores da Escola visando à ampliação da carga horária das disciplinas referentes à matéria Administração, uma vez que as cargas atuais, a seu ver são incompatíveis com as demandas do mercado nacional para os profissionais de Engenharia, exceto no caso da ênfase Produção.

IX. A matéria Administração na Ênfase Produção.

O currículo atual da Escola privilegia a ênfase Produção no que tange ao ensino da matéria Administração. De fato, são lecionadas hoje as seguintes disciplinas ligadas à administração:

- IX.5 a disciplina EID-106, mantidas suas características atuais, seja ministrada de modo que as suas várias técnicas sejam vistas como ferramentas para a decisão administrativa;
- IX.6 na disciplina CAD-126 seja introduzido o estudo de Contabilidade, com carga horária não inferior a 20 horas.
- IX.7 a disciplina CAD-128, Mercadologia B, conquanto não faça parte de "matéria administração", prescrita pela Resolução 48/76, do C.F.E., seja lecionada com base no Projeto do Produto.

A Comissão esclarece que considera o Departamento de Engenharia Industrial incompetente para pleitear, junto ao Departamento de Ciências da Administração, da Faculdade de Ciências Econômicas, qualquer alteração nas disciplinas por ele oferecidas ao Curso de Engenharia Mecânica. Isto, todavia, não impede que tais alterações sejam solicitadas ao DCA pelo colegiado de Coordenação do Curso, com o assessoramento do D.E.I.

Anexo I — Carta solicitando informações a outras instituições de ensino.

Senhor Diretor:

Estamos dando início a um processo de revisão das disciplinas referentes à "Matéria Administração", que oferecemos, a alunos de todas as áreas da Engenharia, em cumprimento ao que dispõe a Resolução nº48, de 1976, do Conselho Federal de Educação.

Para assegurar o sucesso desse esforço, pretendemos conhecer a experiência de Instituições nacionais de melhor reputação no ensino da Engenharia, dentre as quais figura a que Vossa Senhoria dirige.

Assim, rogamos-lhe a especial gentileza de encaminhar aos Coordenadores Pedagógicos — ou a quem de direito — dos cursos de Engenharia oferecidos por essa Instituição a presente solicitação, de que nos sejam fornecidos:

- o nome, os pré-requisitos, o período em que é lecionada, a carga horária, a ementa, o programa e a bibliografia de cada uma das disciplinas do currículo mínimo, ou obrigatórias, referentes à "Matéria Administração", lecionadas para os alunos dos cursos de Engenharia dessa Instituição;
- os mesmos dados, referentes a disciplinas optativas, eletivas ou assemelhadas.

Na certeza de podermos contar com a preciosa colaboração dessa Instituição, apresentamos a Vossa Senhoria os nossos sinceros agradecimentos e os nossos cordiais cumprimentos.

Atenciosamente,

Prof. Arnaldo Mendes Junior
Chefe do Departamento de Engenharia Industrial

Anexo II — a solicitação acima foi enviada às seguintes instituições:

Centro Tecnológico da UFAL
Escola Politécnica da UFBA
Faculdade de Tecnologia de UnB
Centro Tecnológico da UFES
Universidade Federal de Ouro Preto
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da PUCMG
Faculdade de Engenharia da UFJF
Centro de Ciências exatas e Tecnológicas da UFV
Escola Federal de Engenharia de Itajubá
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UFU
Centro de Ciências e Tecnologia da UFPB

Setor de Tecnologia da UFPR
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Centro de Tecnologia da UFPE
Escola de Engenharia da UFRS
Escola de Engenharia da UFF
Escola de Engenharia da UFRJ
Centro Tecnológico da UFSC
Escola Politécnica da USP
Escola de Engenharia de São Carlos, USP
Faculdade de Engenharia de Campinas, da UNICAMP
Instituto tecnológico da Aeronáutica

Anexo III — Carta solicitando informações a outros profissionais

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia da UFMG — Deptº Eng. Industrial
Rua Espírito Santo, 35/7º — Belo Horizonte, MG
Of. Circ. DEI 085/87

Belo Horizonte, 23 de setembro de 1987

Prezado Colega Engenheiro:

O Conselho Federal da Educação, por sua Resolução nº 48, de 1976, fixou os "mínimos de conteúdo e duração do curso de graduação em Engenharia."

Pela Resolução, foi incluída, entre as chamadas "Matérias de Formação Geral", a "matéria Administração", que se compõe dos seguintes tópicos:

- Administração e Organização de Empresas;
- Métodos de Planejamento e Controle;
- Administração Financeira;
- Administração de Pessoal;
- Administração de Suprimentos;
- Contabilidade e Balanço.

O Departamento de Engenharia Industrial, da Escola de Engenharia, da Universidade Federal de Minas Gerais, encarregado de ministrar a "matéria Administração" para todos os seis cursos de Engenharia, está realizando um estudo para definir a melhor maneira de lecioná-la, sob a restrição de que a carga horária total que pesa sobre os alunos já é muito grande. Em alguns cursos, a carga horária total ultrapassa bastante o número de 3600 horas de aula, que constitui o "mínimo de duração", a par de haver, sempre, demandas de professores de disciplinas de "Formação Profissional" para o aumento de suas cargas horárias semestrais.

Para fundamentar a sua decisão de como ministrar a "matéria Administração", o Departamento de Engenharia Industrial entende que é indispensável conhecer a opinião dos Colegas Engenheiros

que estejam em pleno exercício da profissão. Para isto, solicita-lhe a gentileza de preencher o questionário anexo, adiantando-lhe que fica ao seu exclusivo critério a decisão de identificar-se (assiná-lo) ou não.

Receba os nossos agradecimentos e os nossos cordiais cumprimentos.

Atenciosamente,

Professor Arnaldo Mendes Júnior
Chefe do Deptº de Eng. Industrial

Questionário

- 1 Caracterização do respondente
 - 1.1 Sou formado no Curso de Engenharia _____, no ano de ____, na Escola _____.
 - 1.2 Trabalho como Engenheiro há ____ anos,

Tópico

Organização e Administração de Empresas
Métodos de Planejamento e Controle
Administração Financeira
Administração de Pessoal
Administração de Suprimentos
Contabilidade e Balanço

Percentual

Total 100%

- 2.3 Considerando que "Processamento de Dados", "Economia", "Humanidades e Ciências Sociais", "Probabilidade e Estatística" são "matérias" à parte, quais os outros tópicos que você pensa que deviam ser incluídos na "matéria Administração"?

- 2.4 Proponha os assuntos que você acha que devem ser ensinados, nos três tópicos que você considera mais relevantes da "matéria":

- 2.5 O espaço abaixo lhe é oferecido para que você faça qualquer comentário sobre o ensino da "matéria Administração" ou sobre a importância da Administração para os engenheiros.

Anexo IV

Programas dos Tópicos:

1. Organização e Administração de Empresas

dos quais _____ em cargo de chefia.

- 1.3 Em minha ocupação principal como Engenheiro, o cargo (ou função) que ocupo pode ser classificado como sendo:
 - ____ de Alta Administração,
 - ____ de Escalão Intermediário,
 - ____ de Escalão Inferior.

2 Perguntas de Conteúdo

- 2.1 Considerando que a carga horária total mínima para os cursos de Engenharia é de 3600 horas, quantas você acha que devem ser alocadas para lecionar a "matéria Administração", considerados os seis tópicos que a compõe? Resposta: ____ horas.
- 2.2 Distribua, percentualmente, a carga horária total da "matéria Administração", entre os seis tópicos que a compõe:

- 1.1 Conceito de organização
 - 1.1.1 Organização espontânea
 - 1.1.2 Organização Sintética
- 1.2 Características Principais dos vários tipos de organização
 - 1.2.1 Empresa
 - 1.2.2 Instituição Pública
 - 1.2.3 Organizações não formais
- 1.3 A empresa e o seu ambiente
- 1.4 Variáveis de planejamento organizacional
- 1.5 A contribuição da Escola Clássica
- 1.6 Da teoria de Relações Humanas aos Estruturalistas

2. Método de Planejamento e Controle

- 2.1 A função de Planejamento e controle da produção
- 2.2 Tipos de sistemas de produção
- 2.3 Fases do planejamento e controle da produção
- 2.4 Conceitos e métodos de planejamento, programação e controle da produção

3. Administração Financeira

- 3.1 Análise Patrimonial
 - 3.1.1 Interpretação das demonstrações

- financeiras
- 3.1.2 **Análise patrimonial estática**
— Capital de Giro
— Liquidez
— Relações Financeiras
- 3.1.3 **Análise Econômica**
— Análise dos Fatores de Rentabilidade
— Análise da Rentabilidade
- 3.2 **Fluxo Financeiros**
3.2.1 Fluxo de Caixa
3.2.2 Controladoria
4. **Administração de Pessoal**
- 4.1 **Aspectos Operacionais**
- 4.1.1 **Definição, papel e evolução da A.P.**
— A interação entre as pessoas e a organização
— Conceituação e visão geral da A.P.
— Evolução Geral da A.P. xEvolução da T.G.A.
- 4.1.2 **Funções básicas da A.P.**
— Suprimento de Pessoal (Recrutamento e Seleção)
— Aplicação de Pessoal (Descrição e Análise de cargos; avaliação de desempenho)
— Manutenção do Pessoal (Salários, benefícios, higiene e segurança do trabalho)
— Desenvolvimento de Pessoal

- (Treinamento e desenvolvimento)
— Controle de Pessoal (Banco de Dados e Auditoria de pessoal)
- 4.2 **Aspectos Comportamentais**
- 4.2.1 Visão geral sobre o comportamento humano na Empresa
- 4.2.2 Tecnologia ambiente social e produtividade
- 4.2.3 Formação de equipes de trabalho
- 4.2.4 Motivação de equipes de trabalho
- 4.2.5 Comunicação com a equipe/clientes
- 4.2.6 O poder e o exercício da liderança
- 4.2.7 Os conflitos e a negociação
- 4.2.8 Introdução de mudanças na equipe
- 4.2.9 Solução de problemas e tomada de decisão
5. **Administração de suprimentos**
- 5.1 Planejamento de estoques
- 5.2 Planejamento de compras
- 5.3 Planejamento de materiais
6. **Contabilidade**
- 6.1 **Objetivos e funções da contabilidade nas empresas**
- 6.1.1 Aspectos Patrimoniais
- 6.1.2 Aspectos Tributários
- 6.2 **Demonstrativos Contábeis**
- 6.2.1 Balancetes — balanço patrimonial
- 6.2.2 Ativo, passivo resultados.

Avaliação do Prof. Aramis Demeterco — Chefe do Departamento de Desenho Industrial — PUC - Pr — Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia

Item III: Fontes de Informação sub-item (2).

Foram muito poucas as Instituições pesquisadas para concluir-se que não existe a mínima uniformidade em relação a qualquer um dos itens pesquisados.

Item IV: Se existem Instituições que desconhecem ou não cumprem a Resolução nº 48 do CFE, de 1976, os diplomas expedidos por essas Instituições não poderão ser registrados, portanto não tem valor legal.

Item V: Com relação a proposta básica da Comissão, para estudar a compatibilização dos "assuntos lecionados na disciplina EID-102 com as normas do CFE". Entendo que não é possível padronizar a matéria Administração na forma de

uma mesma e única disciplina para todos os cursos, com carga horária fixa de 75h, pois estaria ferindo a autonomia didática do Departamento de Administração bem como infringindo dispositivos legais com relação aos demais Cursos Universitários mantidos nas diversas Universidades brasileiras.

Ítem VI. 9 e 10: Desconheço a figura do Coordenador de disciplina nos quadros de pessoal das Universidades Públicas. Caso haja, para uma disciplina não vejo razão para não existir nas outras disciplinas que compõe um currículo dos Cursos de Engenharia ou qualquer outro curso.

Ítem VII. 1 até 5: As propostas apresentadas nos ítem mencionados quero crer que sejam assunto de discussão de cada instituição, tendo em vista se tratar de detalhes que normalmente constam de regulamentos internos.

Item VIII: Se a carga horária das disciplinas referentes à matéria Administração são incompatíveis com a demanda nacional para os profissionais de Engenharia, creio que não seria com

aumento médio de 10 a 15 aulas, que será resolvido o problema. Neste caso sugiro que a instituição promova para os formandos dos cursos de Engenharia, Curso de Especialização na área de Administração, a fim de tornar o Engenheiro um especialista nesta área.

Conclusão: Avaliado o referido documento no sru todo não constatei nenhum fato novo que já não houvesse sido levantado pela Comissão de Ensino de Engenharia e que fosse relevante para a melhoria da qualidade de Ensino de Engenharia.

Creio que a Resolução nº 48 de CFE está atual e em pleno vigor nas instituições de Ensino de Engenharia, no que diz respeito a carga horária para as matérias de formação geral.

Opinião do Prof. Jacques de Medina — Engenharia Civil — COPPE - UFRJ

Não vou me deter nos meandros da proposta por não me sentir à altura dos especialistas que elaboraram o parecer com muita competência.

Detenho-me, contudo, num ponto que julgo essencial. Minha experiência refere-se à qualidade do "produto" das Escolas de Engenharia, pois o nível de conhecimento dos alunos de pós-graduação que nos chegam, reflete a qualidade do ensino da graduação.

Minha opinião é de que se deva cuidar mais da qualidade das disciplinas de matérias de formação básica e procurar atualizar as de formação profissional geral. A formação específica que sobrecarrega os alunos nos últimos períodos com torrentes de informações perecíveis diante do avanço tecnológico, deve ser transferida para os cursos de extensão ou de formação contínua. Em certa época de minha atividade profissional fui buscar no curso de Engenharia Econômica da Escola de Engenharia da UFRJ, coordenado com competência pelo Prof. Nilo Pamplona, os conhecimentos de que necessitava.

O fato de que engenheiros são guindados a cargos administrativos cedo demais é outro problema. Na esfera governamental, à medida que se instituir o sistema do mérito e a hierarquia na ocupação de cargos de chefia, crescerá a demanda de cursos de extensão. Nas empresas privadas a eficiência que seus mentores proclamam e perseguem terá resposta nos cursos de aperfeiçoamento e o treinamento em serviço.

Considerações do Prof. Itiro Iida

A resolução nº 48/76 de 27.4.1976, do Consenso Federal de Educação, inclui as seguintes matérias de

formação geral para todos os engenheiros:

- Humanidades e Ciências Sociais
- Economia
- Administração
- Ciências do Ambiente

No anexo dessa Resolução são apresentadas as ementas dessas matérias, inclusive aquela para Administração: "Administração e Organização de Empresas. Métodos de Planejamento e Controle. Administração Financeira. Administração de Pessoal. Administração de Suprimento. Contabilidade e Balanço."

A minha interpretação pessoal sobre essa questão é a seguinte:

- 1) Essa matéria — Administração — foi incluída no currículo provavelmente porque quase todos os engenheiros acabam, mais cedo ou mais tarde, exercendo cargos administrativos e, então, esses conhecimentos, mesmo que bastante sumários, poderão ser úteis ao futuro desempenho profissional dos mesmos.
- 2) A ementa apresentada pelo CFE não precisa ser tão rigidamente interpretada, como sugere a Comissão do DEI/UFMG. Trata-se apenas de uma indicação do conteúdo, que pode ser adaptada as peculiaridades de cada curso. Por exemplo, em engenharia civil, talvez seja importante introduzir conhecimentos sobre a organização do canteiro de obra e a segurança dos trabalhadores, embora tais tópicos não constem explicitamente no currículo do CFE.
- 3) A carga horária fixada pela referida Resolução é apenas o mínimo exigido. Assim, cada curso tem liberdade para estabelecer a sua própria carga, de acordo com as suas conveniências, naturalmente, desde que não seja inferior a esse mínimo.
- 4) Não vejo a necessidade de padronizar o curso pra todas as habilitações. Ao contrário, pode ser até interessante introduzir certas diversificações. Por exemplo, é possível que os "métodos de planejamento e controle" mais convenientes para a engenharia elétrica ou mecânica, onde predomina a produção industrial repetitiva, não sejam os mais adequados para a engenharia civil, onde há projetos que são "obras únicas", e assim por diante.
- 5) Também não vejo necessidade de padronização do tipo "quatro páginas de apostila por hora-aula". Em princípio, seria bom adotar um livro e, depois, mais importante que critérios desse tipo é a definição de conceitos e comportamentos a serem transmitidos aos

alunos, como o espírito de eficácia, controles de custos e de qualidade, e a devida compreensão e respeito pelo fator humano no trabalho.

Além desses tópicos, uma outra questão que se coloca é a própria atualidade da Resolução nº 48/76. Já decorreram 12 anos após a sua aprovação, mas se incluirmos o tempo de levantamento de dados e tempo de tramitação de processos no CFE, provavelmente, as informações que deram origem a essa Resolução, datam de 15 a 20 anos atrás (o currículo mínimo de desenho industrial, proposto em 1979, só foi aprovado em 1987, ou seja, após 8 anos de tramitação no CFE). Conseqüentemente, pode-se afirmar que os atuais currículos de engenharia já completaram o ciclo de uma geração. Com o progresso tecnológico e principalmente devido ao avanço da informática nos últimos 20 anos, é possível que o panorama das engenharias, hoje, seja bastante diferente.

Porém, mais importante que essas questões legais e formais, é a formação e atualização permanente dos docentes. Nesse particular, os cursos de mestrado e doutorado ainda são muito dispendiosos, demorados, e estão voltados mais para a formação de pesquisadores. Grande parte dos docentes continua sem ter oportunidades para se reciclar. Existe aí uma grande demanda não-atendida.

Com o apoio da Abenge, sugiro elaborar uma proposta para se organizar cursos de pós-graduação *latu-sensu* de curta duração, na faixa de 100 a 150 horas (30 a 40 dias), para atualizar docentes em temas específicos, de atualidade (conquistas científicas e tecnológicas da última década), em pequenas turmas, de 15 a 20 participantes. Supondo que cada docente tenha uma oportunidade de se reciclar a cada cinco anos, seria necessário organizar pelo menos 50 cursos desse tipo, a cada ano.

Esse esforço deveria ser conjugado com um incentivo à produção de material didático, a fim de tornar o ensino mais moderno, eficiente e interessante para os alunos. Nesse terreno, creio que temos pelo menos 50 anos de atraso para recuperar. No final do século XX, em plena era dos microcomputadores, satélites, video-cassetes, CAD/CAM e robôs industriais, ainda continuamos a ensinar coisas do começo do século, com métodos didáticos do século passado.

Enfim, acho louvável que os docentes da UFMG tenham se preocupado com o assunto. Tomo a liberdade para recomendar abordagens menos formais, que talvez possam produzir melhores resultados. Sugiro, por exemplo, promover um pequeno *work-*

shop convidando docentes como os Prof. Ruy Aguiar da Silva Leme e Oswaldo Fadigas Fontes Torres, ambos ex-docentes da Escola Politécnica da USP, e o Prof. Carlos Alberto Nunes Cosenza, da Escola de Engenharia da UFRJ, para discutirem o assunto "ao vivo". O outro lado da questão seria um debate franco com os próprios alunos. Sobre a Resolução nº 48/76, é imprescindível ouvir a opinião do Prof. Rui Carlos de Camargo Vieira, da SESu/MEC.

Creio que a década de 90, que se avizinha, trará desafios nunca antes experimentados, provocados por um mundo cada vez mais internacionalizado e competitivo. Isso exigirá uma modernização do nosso sistema produtivo, para atender as exigências cada vez maiores de produtos baratos, eficientes, funcionais e de boa qualidade. Grande parte da capacidade de resposta e esses desafios está nas mãos dos engenheiros. Mas, se não forem tomadas medidas imediatas para atualizar as nossas engenharias, a começar com um programa amplo de reciclagem dos seus docentes, estaremos condenados a "perder o bonde" do século XXI.

Avaliação do Sr. Eng. Hermes Ferraz — Membro do Conselho Técnico da Abenge

O relatório reconhece que "não é pacífica a discussão em torno do perfil desejado para o Engenheiro brasileiro" mas afirma, com muita propriedade, que "o Engenheiro (também) trabalha com seres humanos e para seres humanos, num contexto de escassez de recursos, onde se ressalta a importância dos aspectos administrativos, sociais e econômicos", surgindo o engenheiro, então, como administrador, atribuição inevitável durante sua vida profissional. Temos, em nossa vida profissional, um exemplo confirmador desta afirmação: um mês e meio depois de ingressar em nosso primeiro emprego, passamos a exercer funções técnico-administrativas; e durante um longo período sofremos grandes frustrações, como subordinado de colegas que não conheciam as mais comensais noções de administração.

Não existe a menor dúvida sobre a necessidade de o engenheiro receber, pelo menos, noções sobre administração, que, em essência, é a manipulação de seres humanos, como meta geral de seu trabalho, de organização empresarial como plano de ação, e de relações humanas, como metodologia de trabalho. Nasce daqui a primeira exigência relativa à formação do engenheiro em seu caráter humanístico: lidar com homens. A segunda exigência da formação humanística do engenheiro tem por base o fato de

que ele trabalha para seres humanos.

Uma pesquisa feita pela colenda comissão junto às universidades, junto aos profissionais da engenharia ocupantes de cargos de gerência em várias empresas estatais, e junto a profissionais autônomos, levou seus membros à conclusão de que "não existe a mínima uniformidade em relação a qualquer um dos itens pesquisados". A análise dos dados enviados, entretanto, serviu para orientar a Comissão no tocante à distribuição das cargas horárias. Não obstante, a colenda comissão apresenta uma proposta básica que, em resumo, fixa em 75 h, com o objetivo "de introduzir os alunos no estudo da administração, sem qualquer pretensão de aprofundamento", e no item VI. 2, apresenta o desdobramento dessa proposta; e nos demais itens, os pontos básicos necessários à uniformidade do ensino da disciplina "Administração".

Para uma ação imediata e resultados a longo prazo, a Comissão propõe seja feito um esforço no sentido de aumentar a atual carga horária das disciplinas referentes à matéria Administração, julgada insuficiente.

Dada a relevância do assunto, as dificuldades encontradas pela Comissão da UFMG e a proposta apresentada, sugerimos sua publicação na Revista ABENGE, para o conhecimento dos demais professores.

Parecer do Prof. João Sampaio d'Ávila — Universidade Federal de Sergipe — Centro de Ciências Exatas e Tecnologia — Departamento de Engenharia Química.

Após analisar o criterioso trabalho da Comissão designada pelo Chefe do Departamento de Engenharia Industrial para estudar a compatibilização dos "assuntos lecionados na disciplina EID-102 com normas do CFE" cheguei as seguintes conclusões:

- 1- Realmente a Resolução nº 48/1976 do CFE nada informa sobre o ensino da matéria administração, ficando portanto a cada IES a decisão final.
- 2- Acho da maior importância o ensino de tópicos de administração tratando de:
 - Administração e Organização de Empresas
 - Métodos de Planejamento e controle
 - Administração financeira
 - Administração de pessoal
 - Administração de suprimentos
 como uma disciplina de 60 horas semestrais porque o objetivo é tão somente dar uma boa idéia sobre os assuntos mencionados sem qualquer pretensão de aprofundamento.
- 3- Um estudo mais avançado sobre administração poderá ser feito em cursos de especialização ou mesmo mestrado, por exemplo, em Engenharia de Produção.

ISSN 0101-5001
Rev. Ensino Eng., São Paulo
7(2): 74-81, 2ª sem. 1988

Avaliação de Curso na Escola de Engenharia — uma Experiência em Desenvolvimento

Claudio Fernando Mahler †

MAHLER, Claudio Fernando. Avaliação de curso na escola de engenharia — uma experiência em desenvolvimento. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 74-81, 2ª sem. 1988.

Este estudo visa detectar os pontos críticos do ensino na Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dessa forma, uma análise de fatores, tais como: assiduidade, valor global da disciplina, método de instrução, conteúdo da disciplina, interesse e atenção dos alunos, dos professores, etc., vem sendo desenvolvida nesta Escola. Como ferramenta auxiliar no processo de avaliação, dois questionários de avaliação de disciplinas foram desenvolvidos e aplicados nesta Escola; um dos questionários é preenchido pelo aluno, o outro questionário é destinado ao professor. Na elaboração dos questionários para análise quantitativa fez-se uso da técnica desenvolvida por Likert. Comentários gerais sobre o procedimento são aqui apresentados, sendo que conclusões mais específicas deverão ser gradativamente divulgadas. Esclarece-se que a avaliação não está sendo tratada sincronicamente, mas analisada de forma diacrônica, onde as variáveis, tempo, história, ética moral e social, estão sendo continuamente levadas em consideração.

Avaliação de curso, Ensino de Engenharia

MAHLER, Claudio Fernando. Course evaluation in the school of engineering — an experience in development. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 74-81, 2ª sem. 1988.

This study tries to detect the critical points of teaching in the School of Engineering at the Federal University of Rio de Janeiro. An analysis of factors like assiduity, global value of the course, methods of instruction, content of the course, interest of the students and instructors, etc., are in development in this School. As a tool of helping in this process, two questionnaires of evaluation of courses were developed and applied. One of the questionnaires was filled by the students, the other one was answered by the instructor. In the questions related to the quantitative analysis the technique developed by Likert was used. General comments about the procedures are presented here. More specific conclusions will be published in the future. It must be clarified that the evaluation process in this case is not being treated synchronically, but in a diachronical way in which some variables such as time, history, and moral and social ethics are continuously being taken into consideration.

Course Evaluation, Engineering Education.

† Professor Adjunto e Diretor Adjunto de Ensino e Cultura, Escola de Engenharia, Professor Adjunto da Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (EE/ e COPPE/UFRJ).

1. Introdução

A avaliação tem o significado de apreciação e de leitura, e, dentro de certos limites, tal como se lê um livro pode-se tentar "ler" o comportamento de uma turma de alunos frente a um professor ou a uma disciplina, ou do conjunto alunos/professor(es), ou, ainda, da Instituição como um todo.

Num passado não muito distante, há cerca de cinqüenta anos, devido ao número reduzido de escolas de nível superior, ao pequeno número de alunos por turma e por séries admitidos nessas escolas, ao número restrito de docentes e ao reduzido número de habitantes das cidades brasileiras onde se localizavam tais escolas, o controle da qualidade do ensino era exercido pelo papo de esquina, conversa de jantar, encontros em festas, etc. O reduzido número de habitantes em tais cidades não favorecia a um comportamento inadimplente, como hoje, que se vê apoiado no anonimato e no corporativismo departamental; pois, direta ou indiretamente, a elite dominante exercia o controle sobre os escassos cursos de nível superior.

O esquema de ensino era fundamentalmente autocrático, tal como era a relação pais-filhos.

Por diversas razões, entre elas, o crescimento demográfico, a pretensão socialização do ensino superior e o crescimento do corpo docente e discente, algumas formas de controle social foram perdidas, e da mesma forma que a relação pais-filhos, a relação professor-aluno passou de autocrática para "laissez-faire" talvez, em alguns momentos mais inadequados.

Mesmo que ainda não confirmado experimentalmente, a evolução em termos de ensino parece indicar que um relacionamento democrático entre professor e aluno é o ideal, pois parece proporcionar um aproveitamento máximo do corpo discente, como um todo, e que nessa relação, direitos e deveres são compartilhados por ambas as partes.

Para que o ensino se torne mais democrático e não permaneça num estágio autocrático ou de "laissez-faire", alguns processos adaptativos têm que ser incluídos; e sendo bem aproveitados e dirigidos podem ser extremamente produtivos, tanto para os professores quanto para os alunos. Dentro de tais processos é que se insere a avaliação de disciplina a qual serve, em princípio, segundo Novaes [4]:

- ao autoconhecimento do aluno (limites de rendimento, aprendizagem, aptidões, etc.)
- ao professor (controle de eficiência dos métodos e técnicas educacionais)

- à Diretoria e corpo social da escola (avaliação permanente dos cursos)
- ao maior entrosamento entre corpo docente e discente
- a criar consciência crítica do aluno/futuro profissional

A finalidade deste trabalho é comunicar em um breve relato o processo de avaliação de disciplina introduzido nesta Escola, devidamente aprovado pelo seu Conselho Departamental, o qual se espera que venha tornar-se um veículo permanente de melhoria e garantia da qualidade do ensino da mesma.

Como a avaliação encontra-se em sua fase inicial, tendo sido feita, por ora, apenas a aplicação de questionários no segundo semestre de 86, e no primeiro semestre de 87, estando os resultados em fase de estudo, este trabalho tem por finalidade primeira contribuir para o aperfeiçoamento e divulgação do mesmo e da idéia, suscitando, na medida do possível, críticas e debates, além de buscar contribuir para uma melhora do ensino de forma global.

A experiência adotada é interdisciplinar e ultrapassa o âmbito curricular, uma vez que, conta com a participação de professores, alunos e funcionários, sendo alguns externos à Escola, oriundos da Faculdade de Educação e do Instituto de Psicologia.

Vale frisar, por fim, que a avaliação é entendida pelos autores deste trabalho como um instrumento preventivo/construtivo e não coercitivo, visando pois, a não inibir ou amedrontar o docente, mas estimulá-lo a buscar novas e melhores práticas de ensino na sua disciplina.

2. Questionários

Os conceitos adotados para elaboração dos questionários após a análise do questionário utilizado pela Universidade do Arizona, EUA [1] e de outros questionários de avaliação, compreendem a sondagem da opinião de alunos e de professores quanto à disciplina. Os questionários compreendem no que se refere à avaliação específica quantitativa, perguntas/afirmativas fechadas e de alternativas fixas. Na elaboração das avaliações específicas considerou-se as escalas ordinais, para cuja construção fez-se uso das escalas somadas segundo o Processo de Likert [5].

A seguir são descritos os dois questionários por ora sendo aplicados ao corpo discente e ao corpo docente, respectivamente.

3. Questionário de avaliação de disciplina (corpo discente)

Este questionário (anexo 1) deve ser preenchido pelo aluno.

Na face relativa ao estudo quantitativo são feitas quatro questões objetivas relativas ao aluno: duas, relativas à frequência do professor e do aluno, uma relativa ao percentual da disciplina ministrada pelo professor naquela turma e uma relativa à nota final esperada na disciplina.

Ainda, com referência ao estudo quantitativo são feitas para avaliação específica relativas ao valor global da disciplina, método de instrução, conteúdo da disciplina, interesse e atenção dos professores, 21 frases afirmativas ou negativas dentro da proposta do processo de Likert solicitando-se ao aluno que assinalasse com um X num dos quatro quadros à direita da frase cujo significado variou desde a total concordância até a completa discordância (vide questionário em anexo).

Para a análise de conteúdo foram feitas perguntas relativas ao conteúdo da disciplina, ao professor, aos objetivos — se foram claramente mencionados — sobre trabalhos, seminários, visitas técnicas e bibliografia, provas e duas perguntas gerais relativas a melhorias na disciplina e valor como experiência educacional da mesma. As respostas eram discursivas e nem todos os alunos que responderam à avaliação quantitativa se dispuseram a responder as questões relativas a avaliação de conteúdo. Aliás, muitos alunos não se dispuseram a responder o questionário, em especial os que já se encontram em fase final do curso. Ressalte-se que o anonimato de cada aluno ao preencher e entregar o questionário foi preservado.

4. Questionário de avaliação da disciplina pelo docente

Este questionário (anexo 2) deve ser preenchido pelo docente.

As primeiras quatro questões são relativas ao docente e seu regime de trabalho, da quinta a décima a aplicação da disciplina pelo docente.

Envolve, pois, interesse profissional, aulas de laboratório, uso de computador, visitas técnicas, aulas de exercício e monitoria.

As quatorze questões seguintes, seguindo o método de Likert, com quatro possibilidades, desde total discordância até total concordância fazem a avaliação específica e buscam essencialmente verificar a relação aluno-docente do ponto de vista

do professor, as condições de sala e equipamento para aula, a importância da disciplina e o programa e o interesse e participação do aluno.

As três últimas referem-se ao trabalho em equipe dos docentes, caso a disciplina tenha sido ministrada dessa forma.

Há, ainda, no verso, três questões discursivas, para análise de conteúdo visando obter informação sobre o programa da disciplina, melhorias da mesma e comentários sobre os alunos pelo professor, além de espaços para outros comentários, caso o docente deseje fazê-los.

5. Comentários gerais

A metodologia empregada, bem como explicações detalhadas sobre os questionários utilizados, seja quanto a análise quantitativa ou quanto a análise de conteúdo, farão parte de publicações futuras e não serão aqui apresentadas. Resultados de avaliações de casos específicos também não serão por ora divulgados.

Uma avaliação institucional é um trabalho extremamente árduo e penoso, seja, desde a fase da implantação do projeto até a colocação em marcha do mesmo, e ainda a divulgação criteriosa e cuidadosa — leia-se com respeito às figuras do profissional ou alunos envolvidos — dos resultados.

Como exemplo do tempo que é dispendido numa avaliação criteriosa, cujo objetivo principal é detectar as causas dos problemas no ensino e buscar soluções para a melhoria veja-se o trabalho de Barbosa [2] onde, aparentemente, o primeiro levantamento de dados para análise de fatores que interferem nas situações de ensino-aprendizagem na disciplina Cálculo I (MAT140) na Universidade Federal de Viçosa foi feito em 1982 (vide Ref. 9 do citado artigo). Observe-se que no caso apresenta-se, apenas o estudo de uma disciplina. No ciclo básico de nossa Escola de Engenharia são oferecidas 29 disciplinas, destas, uma de Geometria Descritiva, que só é obrigatória para três habilitações (no profissional são oferecidas sete habilitações, civil, eletrônica, eletrotécnica, mecânica, metalurgia, naval e produção). Entram por ano, oficialmente, 460 alunos que são, atualmente, subdivididos em oito turmas, sendo três pela manhã e cinco pela tarde. Incluindo-se turmas especiais para os repetentes, foram oferecidas, em média, nos últimos quatro semestres 200 turmas por semestre. Como o questionário para os alunos foi passado em grande parte das turmas, há, pois, uma quantidade enorme de dados e casos a serem estudados e pesquisados. Ressalte-se que um estudo estatístico de notas finais,

trancamentos, reprovações, etc., também, já foi em parte desenvolvido.

Para a avaliação da disciplina é importante, também, ter um quadro estatístico do número de alunos aprovados, reprovados, desistentes, média global da turma, desvio padrão, etc. Estes dados também foram levantados e fazem parte do estudo em andamento.

Avaliação, mesmo como um corte analítico, num dado instante, só tem sentido se forem consideradas a história do(s) docente(s) envolvido(s), da disciplina e dos alunos, para que seja profunda e criteriosa.

Diversos educadores renomados têm chamado a atenção da sociedade quanto à necessidade de novas técnicas de ensino. Poucos docentes de engenharia fizeram cursos sobre didática do ensino e, talvez, poucos daqueles que o fizeram sabem como aplicá-lo de fato.

Tal como ser pai aprende-se sendo pai, ensinar se aprende ensinando. Não que o docente não deva dominar o conteúdo, mas saber ministrá-lo provocando entusiasmo em seus alunos tornando-os indivíduos ativos no processo de aprendizagem e não meros "zumbis" passivos. Aprende-se, assim, no dia a dia, desde que se esteja disposto a entrar em contato com os alunos e além disso, não vestir o manto da onipotência autoritária sob o qual muitos docentes escondem o seu não saber e também sob a sua "proteção", muitos alunos se preparam para ser mais um dos "brilhantes" profissionais passivos que nosso mercado está repleto.

O efeito da avaliação, embora em fase inicial e sem divulgação, do até aqui observado, parece bom, muito embora, grande parte, tanto do corpo discente quanto do corpo docente, ainda não tenha internalizado ou se conscientizado do processo, são as resistências naturais à transformação porque o ensino e a sociedade brasileira, como um todo, terão que passar. A impossibilidade de avaliar todas as disciplinas também ficou clara, sendo que é, objetivo no momento, levantar todos os dados possíveis, mas avaliar em primeiro lugar os casos devidamente solicitados pelo docente e os que apresentaram

"ruídos anormais", desde que razoavelmente bem caracterizados.

6. Agradecimentos

Colaboraram mais diretamente na elaboração deste trabalho Professor Theóphilo B. Ottoni Filho, Prof. Adjunto da EE/UFRJ, Psicóloga Leticia de Souza Dias e o aluno Luís Carlos Dias de Oliveira da EE/UFRJ. Além destes colaboraram na revisão do texto final a Profa. Mabel Tarre Carvalho de Oliveira da Faculdade de Educação/UFRJ e a Profa. Georgina da Costa Martins. A Dna. Lucia Soeiro Rodrigues pelos trabalhos de dactilografia.

7. Referências Bibliográficas

- [1] ALEAMONI, LAWRENCE M. "Arizona Course/Instructor Evaluation Questionnaire (CIEQ) — Results Interpretation Manual From 76". University of Arizona, USA 1976.
- [2] BARBOSA, ALICE S. "Prática Pedagógica na Universidade Federal de Viçosa (UFV). Análise de um Caso: Cálculo I". São Paulo/SP. Ciência e Cultura 39(4): 371-78, 1987.
- [3] MAHLER, CLAUDIO F., FERREIRA, NILDA T., OTTONI FILHO, T.B., DIAS, LETICIA S., OLIVEIRA, LUIS CARLOS D. DE E BITTENCOURT, MARCELLO P. "Avaliação na Escola de Engenharia — Uma Experiência em Andamento". Florianópolis, Santa Catarina. Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, COBENGE-87, 28 a 31 de julho de 1987.
- [4] NOVAES, M. HELENA "Psicologia Escolar" — Editora Vozes (8ª Edição). Petrópolis, R.J., 1984.
- [5] PHILIPS, B. S. "Pesquisa Social — Estratégias e Táticas". Rio de Janeiro, Livraria AGIR Editora, 1975 (tradução do inglês).
- [6] WHITE R. E LIPPITT, R. "Comportamento do Líder e Reação dos Membros em Três Climas Sociais", 1969. In: Krüger, H. — Introdução à Psicologia Social. São Paulo. E.P.U., 1986.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE ENGENHARIA
QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE DISCIPLINA PELO DOCENTE

DISCIPLINA: _____ TURMA: _____
PROFESSOR : _____

CÓDIGO
□□□□□□□□□□□□□□

A - DADOS GERAIS (favor preencher com um X)

- | | até 20 | 30-39 | 40-49 | 50-60 | 64 ou mais |
|--|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 01- Idade | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 02- Sexo | M <input type="checkbox"/> | F <input type="checkbox"/> | | | |
| 03- Brasileiro | S <input type="checkbox"/> | N <input type="checkbox"/> | | | |
| 04- Regime de trabalho | 20 <input type="checkbox"/> | 40 <input type="checkbox"/> | 40 de <input type="checkbox"/> | | |
| 05- Há interesse profissional de sua parte em ministrar esta disciplina | S <input type="checkbox"/> | N <input type="checkbox"/> | | | |
| 06- Aulas de laboratório são necessárias nesta disciplina | S <input type="checkbox"/> | N <input type="checkbox"/> | | | |
| 07- Os exercícios de computador são disponíveis nesta disciplina | S <input type="checkbox"/> | N <input type="checkbox"/> | | | |
| 08- Esta disciplina NÃO necessita de visitas técnicas | S <input type="checkbox"/> | N <input type="checkbox"/> | | | |
| 09- Estimativa de proporção de tempo de aula necessário para exercícios nesta disciplina | S <input type="checkbox"/> | N <input type="checkbox"/> | | | |
| 10- A disciplina deve ter obrigatoriamente um monitor | S <input type="checkbox"/> | N <input type="checkbox"/> | | | |

B - AVALIAÇÃO ESPECÍFICA:

Marque com um X

CI = Concordo inteiramente, C = Concordo

DI = Discordo inteiramente, D = Discordo

- | | CI | C | D | DI |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 11- O conteúdo da disciplina é muito importante para a formação do aluno | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12- As condições de sala para as aulas são muito boas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13- Os alunos mostram muito interesse pela disciplina | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14- Os alunos respeitam o professor como pessoa | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15- A disciplina se beneficiaria muito com melhores instalações físicas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16- Os alunos se comportam devidamente na sala de aula | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17- As condições dos equipamentos de ensino são adequadas para a disciplina | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 18- Esta disciplina NÃO é tão importante para o aluno | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 19- Os alunos costumam NÃO entregar os trabalhos com pontualidade | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 20- De forma geral os alunos tendem a se relacionar bem comigo | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 21- Os alunos NÃO participam ativamente das aulas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 22- Normalmente os alunos NÃO faltam | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 23- Há falta de equipamento para ministrar bem a disciplina | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 24- O programa da disciplina deve ser bastante modificado | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - CASO A DISCIPLINA SEJA MINISTRADA POR EQUIPE, FAVOR RESPONDER AS SEGUINTEs QUESTÕES | | | | |
| 25- A equipe se encontra para discutir o conteúdo da disciplina | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 26- A avaliação dos alunos NÃO é feita em equipe | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 27- Cada docente tem sua parte na disciplina e NÃO opina sobre a dos outros | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA PELO DOCENTE
(continuação...)

Por favor, caso deseje, faça seus comentários pessoais sobre a efetividade dos alunos e o valor global da disciplina.

1 - Comente sobre o valor e a atualização de programas da disciplina.

2 - Quais os comentários sobre os alunos?

3 - Que melhoras sugere para a disciplina?

4 - Outros comentários.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
 ESCOLA DE ENGENHARIA
 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE DISCIPLINA

DISCIPLINA: _____ TURMA: _____
 SEMESTRE/ANO: _____
 PROFESSOR : _____

CÓDIGO
 □□□□□□□□□□□□

A - DADOS GERAIS (favor preencher com um X)

- 1- Idade
- 2- Sexo
- 3- Brasileiro
- 4- Esta disciplina é de seu maior interesse

	16-17	18-19	20-21	22-23	24 ou mais
01-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02-	M <input type="checkbox"/>	F <input type="checkbox"/>			
03-	S <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>			
04-	S <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>			

- AVALIE:**
- 5- A frequência do professor às aulas
 - 6- Sua frequência às aulas
 - 7- O percentual da disciplina ministrado pelo professor
 - 8- A nota final esperada na disciplina

	0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%
05-	<input type="checkbox"/>				
06-	<input type="checkbox"/>				
07-	<input type="checkbox"/>				
08-	<input type="checkbox"/>				

B - AVALIAÇÃO ESPECÍFICA:

Marque com um X
 CI = Concordo inteiramente, C = Concordo
 DI = Discordo inteiramente, D = Discordo

- 9- Foi uma disciplina muito proveitosa
- 10- Eu cursaria outra disciplina ensinada de forma semelhante
- 11- O professor pareceu-me interessado nos alunos como pessoa
- 12- O conteúdo da disciplina foi muito difícil
- 13- Foi fácil permanecer atento às aulas
- 14- Não ganhei muito cursando esta disciplina
- 15- Eu preferiria outro método de ensino nesta disciplina
- 16- O conteúdo da disciplina pareceu-me proveitoso
- 17- O professor NÃO sintetiza, integra ou sumariza efetivamente
- 18- A disciplina foi muito interessante
- 19- O professor estimula apreciações e pontos de vista inovadores
- 20- Eu aprendo mais com outros métodos de ensino
- 21- Algumas coisas NÃO foram explicadas adequadamente
- 22- O professor demonstrou amplo conhecimento do assunto
- 23- Esta foi uma de minhas piores disciplinas
- 24- O conteúdo da disciplina foi excelente
- 25- Em alguns dias eu NÃO estava interessado na disciplina
- 26- Eu acho que esta disciplina foi muito bem ensinada
- 27- A disciplina foi muito monótona
- 28- Pareceu-me que o professor ensina como uma questão de rotina
- 29- De forma geral a disciplina foi boa

	CI	C	D	DI
09-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ESCOLA DE ENGENHARIA/UFRRJ
 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE DISCIPLINA

Por favor, faça seus comentários pessoais sobre a efetividade do Professor e o valor global da Disciplina.

Seu Professor só lerá esta avaliação após a divulgação das notas finais.

CONTEÚDO DA DISCIPLINA: Comente sobre o Conteúdo da Disciplina e alguma relevância que a Disciplina teve em sua área de interesse.

PROFESSOR: Quais os seus comentários sobre o Professor?

OBJETIVOS: Os objetivos durante as aulas foram claramente mencionados?

TRABALHOS, SEMINÁRIOS, VISITAS TÉCNICAS E BIBLIOGRAFIA: Comente sobre o valor destes na Disciplina.

PROVAS: Comente se foram muito fáceis, difíceis ou justas.

GERAL:

1) - Que melhorias sugere para a Disciplina?

2) - Comente se a Disciplina foi uma experiência educacional de valia.

ISSN 0101-5001
Rev. Ensino Eng., São Paulo
7(2): 82-90, 2ª sem. 1988

Currículos Plenos: Conteúdos Mínimos?

Marcela P. M. Zanin Meneguetti †

Meneguetti, Marcela P. M. Zanin. Currículos plenos: conteúdos mínimos? *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 82-90, 2ª sem. 1988.

No trabalho é apresentada a análise de vinte e seis currículos de cursos de Engenharia Civil, escolhidos aleatoriamente, com o objetivo de diagnosticar o desdobramento das matérias do currículo mínimo em disciplinas, bem como os créditos práticos e teóricos dos ciclos básico e profissional. É também exposta a inter-relação entre o conteúdo do currículo mínimo proposto pelo Conselho Federal de Educação e o dos currículos plenos. Finalmente, são apresentados, por matéria, conclusões e algumas sugestões; bem como o diagnóstico dos currículos dos cursos de Engenharia Civil atualmente vigentes no Estado do Paraná.

Currículos de Engenharia Civil, Conteúdos Curriculares, Engenharia Civil.

Meneguetti, Marcela P. M. Zanin. Full curricula: minimal contents? *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 82-90, 2ª sem. 1988.

This work presents an analysis of twenty six curricula from civil engineering courses, chosen at random, with the objective of characterizing the unfolding of the contents of the "Curriculum Minimum" into disciplines, and practical and theoretical credits of the "Basic and Professional Circles". An interrelation between the contents of the "Curriculum Minimum" determined by the Federal Council of Education and the selected "Full Curricula", is also shown. Finally, some suggestions and conclusions are presented in each discipline, as well as, an analysis of the curricula presently adopted by the Civil Engineering Courses in Paraná State.

Civil Engineering Curricula, Curricula Contents, Civil Engineering.

1. Introdução

Neste trabalho são analisados, tendo em vista a Resolução nº 48/76 do Conselho Federal de Educação, vinte e seis currículos com o objetivo de diagnosticar:

- a) O desdobramento das matérias do currículo mínimo em disciplinas.

† Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá — Caixa Postal: 331 CEP 87020 Maringá - PR/Brasil.

- b) A inter-relação entre os conteúdos mínimos e o dos currículos plenos.
- c) A inter-relação e a carga horária mínima de laboratório e as praticadas pelos cursos analisados.
- d) As ênfases na formação do profissional de Engenharia Civil.

Deve-se enfatizar que os currículos foram escolhidos aleatoriamente e que as análises apresentadas não objetivam avaliar os cursos.

2. Aspectos gerais sobre o currículo mínimo

Os currículos mínimos para Engenharia propos-

tos e fixados pela Resolução nº 48/76 do Conselho Federal de Educação surgiram da identificação e análise das seguintes necessidades:

- aquelas previstas como resultantes de planos governamentais de desenvolvimento nacional e as peculiaridades que deveriam caracterizar o engenheiro no País, dadas as circunstâncias da conjuntura econômica da época e sua projeção para a década seguinte;
- dar ao engenheiro visão global da sociedade de atuação profissional e o seu papel dentro deste contexto;
- enfatizar nos currículos mínimos, aspectos relativos à preservação do ambiente, à segurança na concepção e execução de obras de Engenharia.

Face as necessidades levantadas a Comissão de Ensino de Engenharia, autora do Projeto de Currículo Mínimo para o Curso de Engenharia propôs e sugeriu:

- a divisão da Engenharia em seis grandes áreas de habilitação com uma parte de conteúdo em comum (matérias de formação básica e geral) e uma parte diversificada (matérias de formação profissional geral e específica);
- matérias de formação básica e formação geral, totalizando cerca de um terço do total de horas previsto como mínimo para os currículos plenos de todos os cursos de Engenharia (1125 horas e 240 horas, respectivamente);
- matérias de formação profissional geral totalizando cerca de um quarto do total de horas previsto como mínimo para os currículos plenos (975 horas);
- matérias de formação profissional específica e complementar, estabelecidas pelas próprias Instituições do Ensino Superior, devendo abordar tópicos relativos à normalização e à segurança na concepção dos projetos de Engenharia e totalizando 1260 horas;
- conteúdos mínimos e elucidativos de cada matéria bem como cargas horárias mínimas de atividades práticas de laboratório ou de campo;
- a composição dos currículos plenos a partir das emendas fixadas fazendo corresponder a cada matéria uma disciplina e desmembrando em seguida em mais disciplinas, ou reunindo duas ou mais matérias para compor uma disciplina, ou ainda compor uma disciplina com partes de diversas matérias.

3. Desdobramento das matérias de formação básica

As matérias de formação básica, compreendem os fundamentos científicos e tecnológicos da Engenharia, cobrindo os seguintes campos: Matemática, Física, Química, Mecânica, Processamento de Dados, Eletricidade, Desenho, Resistência dos Materiais, Fenômenos de Transportes.

No Quadro I é apresentada a comparação entre os conteúdos mínimos da Resolução 48/76-CFE e dos cursos analisados com demonstrativos de carga horária.

3.1. Análise das matérias de formação básica

Ao analisar as ementas das disciplinas resultantes do desdobramento da matéria de formação básica constata-se que:

- a) Na matéria Matemática o cálculo vetorial constitui tópico da disciplina Geometria Analítica na maioria dos cursos e que em vários cursos a Geometria Analítica e Álgebra Linear são agrupadas em uma disciplina de 90 ou 120 horas.
- b) O conteúdo da matéria Física e a bibliografia básica (Resnick-Halliday, Física; Alonso & Finn, Física: Um Curso Universitário) é praticamente a mesma para todos os cursos analisados. Verifica-se também que a carga horária é maior nas Instituições onde o ciclo básico é comum aos cursos de diferentes áreas de Engenharia.
- c) Em alguns casos, ao acréscimo de carga horária na matéria Química corresponde a inclusão de tópicos em química geral supostamente já exigidos em concurso vestibular.
- d) Na maioria dos cursos onde a carga horária da matéria Mecânica é menor (60 horas) os conteúdos programáticos incluem somente a parte estática do ponto e do corpo rígido.
- e) Na matéria Processamento de Dados há acentuada diversificação entre conteúdos, notadamente em lingragens de programação, carga(s) horária(s) e periodização da(s) disciplina(s). Verifica-se ainda que somente em alguns cursos são incluídos tópicos de simulação e otimização.
- f) Na matéria Desenho a variação de carga horária é função da inclusão de geometria descritiva e ou desenho estrutural, da departamentalização das disciplinas ou da exclusão de desenho básico.

Quadro I — Desdobramento, conteúdo e carga horária das matérias de formação básica.

Matéria	Conteúdos da Resolução 48/76-CFE	Disciplinas na Maioria dos Cursos Analisados	Tópicos Acrescidos aos da Resolução 48/76-CFE	Carga Horária (% dos cursos analisados)					
				média	% mínima	% máxima	%	%	%
Matemática	Cálculo Vetorial Cálculo Diferencial e Integral Geometria Analítica Álgebra Linear Cálculo Numérico Probabilidade e Estatística	(1) Cálculo Diferencial e Integral Geometria Analítica Álgebra Linear Cálculo Numérico Estatística	—	240-270	60	80-210	12	330	6
				60	33	45	27	90-120	40
				60	67	45	20	75	7
				60-75	63	45	12	90-120	25
				75-90	12	60	80	120	6
				540-600	35	405-465	30	660	12
Física	Medidas Físicas. Fundamentos de Mecânica Clássica. Teoria Cinética. Termodinâmica. Eletrostática e Eletromagnetismo. Física Ondulatória. Introdução à Mecânica Quântica e Relativista.	Conteúdo agrupados em Física Geral ou Física acrescidos de algarismos de diferenciação.	—	300-330	45	150-240	15	390-435	11
				90	62	90	62	120-210	38
Química	Estruturas e Propriedades Periódicas dos Elementos e Compostos Químicos. Tópicos Básicos de Físico-Química.	Química Geral ou Química Aplicada ou Química Tecnológica.	Tópicos de Química Tecnológica; águas industriais e residenciais, plásticos, corrosão.	90-120	42	60-75	11	150	22
				45	22	30	26	60	52
Mecânica	Estática, Cinemática e Dinâmica do Ponto e do Corpo Rígido.	Mecânica ou Mecânica Geral acrescido de algarismo de diferenciação.	—	120	33	60-75	33	150-180	11
				75-90	24	45-60	63	120	13
Processamento de dados	Conceitos Básicos de Computação. Aplicações Típicas de Computadores Digitais. Linguagens Básicas e Sistemas Operacionais. Técnicas de Programação.	Processamento de Dados.	—	75-90	24	45-60	63	120	13
				Desenvolvimento de Sistemas de Engenharia, Simulação e Aplicações Técnicas de Otimização.	Conteúdo incluído somente em alguns cursos.	—	—	—	—
Eletricidade	Circuitos. Medidas Elétricas e Magnéticas. Componentes Elétricos e Eletrônicos.	Eletricidade ou Eletrotécnica.	Luminotécnica e Instalações Elétricas.	75-90	56	60	31	120	7
				30	90	30	90	60	10
Desenho	Representação de Formas e Dimensão. Convenções e Normalização. Utilização de Elementos Gráficos na Interpretação e solução de Problemas.	Desenho, Geometria Descritiva e Desenho técnico acrescidos de algarismos de diferenciação.	Desenhos Estruturais (concreto, aço e madeira) (em alguns cursos).	180-210	23	90-120	15	240-270	30
				150	33	75-120	22	180-195	26
Resistência dos Materiais	Tensões e deformações nos Sólidos. Análises de Peças Sujeitas a Esforços Simples e Combinados. Energia de Deformação.	Resistência dos Materiais acrescidos de algarismos de diferenciação.	Tópicos de Teoria da Elasticidade (em dois cursos).	90-120	59	60-75	25	165-195	13
				15	45	15	45	30	55
Fenômenos de Transportes	Mecânica dos Fluidos	Mecânica dos Fluidos e Fenômenos de Transportes.	—	90-120	59	60-75	25	165-195	13
				Transferência de Calor e Massa.	Tópico não incluído em vários cursos.	—	—	—	—
	Atividades de laboratório no mínimo de 15 horas.	—	—	15	45	15	45	30	55

(1) A carga horária média corresponde ao intervalo médio das cargas horárias.

(2) Nos intervalos de carga horária mínima e máxima os valores inferior e superior representam a minoria dos cursos analisados (um ou dois).

- g) Em alguns casos, na sugestão de periodização o desenho estrutural consta em períodos anteriores àqueles das disciplinas das matérias: sistemas estruturais (concreto, aço, madeira) e construção civil.
- h) Apenas dois cursos incluem na matéria Resistência dos Materiais tópicos de teoria da elasticidade.
- i) A matéria Fenômenos de Transportes, em vários cursos, abrange somente mecânica dos fluidos. Verifica-se ainda que nos conteúdos

programáticos não é enfatizado transferência de calor e massa, o que pressupõe o conhecimento superficial das características térmicas do material empregado na engenharia.

Na figura 1 é apresentada a inter-relação entre as cargas horárias de cada matéria e o total da matéria de formação básica.

Cabe ressaltar que na matéria Desenho foram computadas as cargas horárias de desenho específico para Engenharia Civil.

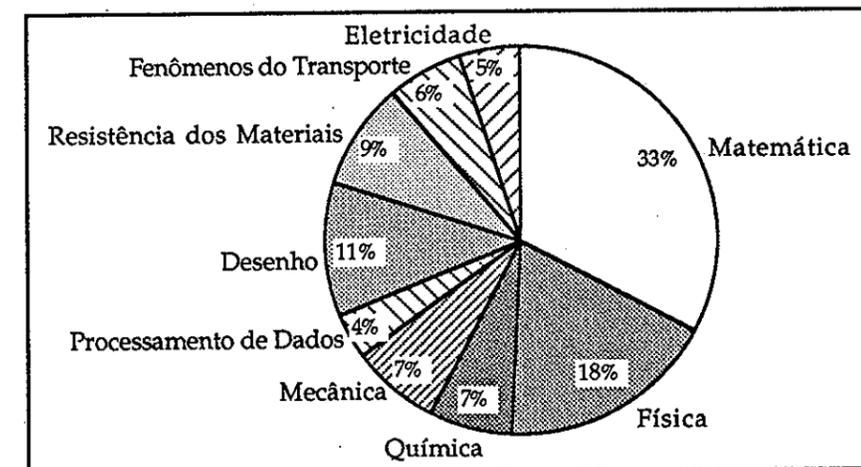


FIGURA 1 — Percentuais de Carga Horária das Matérias no Ciclo de Formação Básica.

4. Desdobramento das matérias de formação profissional geral e específica

“As matérias de formação profissional geral devem conter assuntos que possibilitem o adequado conhecimento dos fundamentos, materiais, sistemas e processos, nas diferentes áreas da Engenharia.

As matérias de formação profissional específica devem conter assuntos que cubram outros aspectos da profissão, ligados à habilitação específica da Engenharia. Para tanto o oferecimento destas matérias deve ocorrer por desdobramento ou aprofundamento de matérias pertinentes às respectivas áreas de habilitação ou ainda, por assuntos específicos e profissionais.

Compete as Instituições estabelecer as matérias de formação profissional específica devendo incluir tópicos relativos à segurança na concepção dos projetos de Engenharia, bem como à normalização”.

Nos currículos analisados, a maioria das matérias de formação profissional específica constituem desdobramento daquelas de formação profissional geral. Assim, optou-se pelo estudo em

conjunto do desdobramento destas matérias.

No Quadro II são apresentadas: a comparação entre os conteúdos mínimos fixados pela Resolução 48/76-CFE e o dos currículos plenos, o desdobramento das matérias em disciplinas e os demonstrativos de variação de carga horária por matéria.

4.1. Análise das matérias de formação profissional geral e específica

Ao analisar os conteúdos das ementas e cargas horárias das disciplinas resultantes do desdobramento das matérias de formação profissional geral e específica, verifica-se que:

- As cargas horárias de atividades de campo da matéria Topografia, na maioria dos cursos, são de duas a três vezes superior àquelas previstas como mínimas e representam a metade da carga horária total. Tal fato sugere que o acadêmico passa metade do tempo, na menor hipótese, executando levantamento de dados.
- O aumento da carga horária da matéria Topografia é vinculado à inclusão de Aerofotogrametria, que por sua vez enfatiza mais a fotogrametria do que a foto interpretação.

Quadro II — Desdobramento, conteúdo e carga horária das matérias de formação profissional geral.

Matéria	Conteúdos da Resolução 48/76-CFE	Disciplinas na Maioria dos Cursos Analisados	Tópicos Acrescidos aos da Resolução 48/76-CFE	Carga Horária (% dos cursos analisados)					
				média	% mínima	% máxima	%		
Topografia	Planimetria. Altimetria. Desenho Topográfico.	Topografia	Fotogrametria e Fotointerpretação	120-150	50	75-90	23	180-225	18
	Atividades de campo no mínimo de 30 horas.	—	—	60-75	44	30	4	90-120	25
Mecânica dos Solos	Fundamentos de Geologia.	Geologia Aplicada	—	75-90	20	45-60	40	120	25
	Caracterização e Comportamento dos Solos. Aplicações em Obras de Terra e Fundações.	—	—	210	14	150-180	55	285-330	14
	Atividades de laboratório e de campo no mínimo de 15 horas.	—	—	270-300	27	210-240	55	330-405	14
Hidrologia Aplicada	Ciclo Hidrológico. Precipitação. Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos	Hidrologia Aplicada	Tópicos de Drenagem (somente em alguns cursos).	90	10	45-60	68	120	9
	Escoamento em Condutos Forçados e Canais. Hidrometria.	Hidráulica	Equipamentos e Estações Elevatórias (praticamente em todos os cursos).	75-90	45	60	18	120-150	32
Hidráulica	Atividades de laboratório no mínimo de 15 horas.	—	—	15	60	15	63	30	30
	Morfologia das Estruturas. Isostática. Princípios de Hiperestática.	Poucos cursos enfatizam este tópico. Teoria das Estruturas ou Estabilidade das Construções	—	150-180	41	120-135	18	240-300	23
Materiais de Construção	Elementos de Ciências dos Materiais. Tecnologia dos Materiais de Construção.	Materiais de Construção	—	120-150	60	90	18	180	9
	Atividades de laboratório no mínimo de 30 horas.	—	—	60	60	30	33	75	7
Sistemas	Estruturas de Concreto.	Estrutura de Concreto Armado	—	150-180	60	60-120	18	300	9
		Estrutura de Concreto Protendido	—	60-75	36	45	5	180	90
		Pontes em Concreto Armado	—	90-135	41	60-75	32	150-180	14
	Estruturas Metálicas e Estruturas de Madeira.	Estruturas Metálicas e de Madeira	—	90-120	55	30-75	23	180-210	18
Transportes	Estradas. Técnica e Economia dos Transportes	Os desdobramentos são diversificados variando com os tópicos enfatizados nos cursos.	Portos e Aeroportos.	420-480	30	240-330	32	525-750	20
				210-240	23	120-180	32	300-390	32
Saneamento Básico	Abastecimento de Água. Sistemas de Esgotos. Instalações Hidráulicas e Sanitárias.	Saneamento Básico e Instalações Prediais	—	(*)	—	(*)	—	(*)	—
				120-150	50	60-90	14	180-240	32
Construção Civil	Tecnologia da Construção Civil. Planejamento e Controle das Construções.	Construção e Edifícios. Planejamento e Controle de Construções.	Arquitetura. Planejamento Urbano (na maioria dos cursos).	210-240	27	120-180	27	270-300	32

(*) Não foi possível identificar dentro dos créditos práticos quantas horas seriam de prática de campo.

(1) A carga horária média corresponde ao intervalo médio das cargas horárias.

(2) Nos intervalos de carga horária mínima e máxima os valores inferior e superior representam a minoria dos cursos analisados (um ou dois).

- c) A distribuição da carga horária da matéria Mecânica dos Solos é feita na seguinte proporção: 30% para Geologia, 40% para Caracterização e Comportamento dos Solos e 30% para Obras em Terra e Fundações. Consta-se ainda, salvo ocorrências pontuais, que não há inclusão de tópicos de reforço de solos e fundações bem como, na maioria dos cursos, de barragens.
- d) A disciplina Hidrologia Aplicada é periodizada na metade ou no final do curso. No primeiro caso, geralmente, o conteúdo da ementa é igual ao mínimo fixado na Resolução 48/76-CFE, entretanto no segundo são incluídos tópicos de irrigação, drenagem e aplicações na Engenharia Civil.
- e) De maneira geral, na matéria Teoria das Estruturas são enfatizados os processos de determinação de esforços em estruturas isostáticas e hiperestáticas; poucos cursos abordam sob forma de disciplinas os tópicos de morfologia das estruturas e formulação matricial dos esforços.
- f) O estudo da tecnologia de "novos materiais" (argamassa armada, alvenaria armada, solo-cimento) é enfatizado somente nas Instituições que possuem cursos de pós-graduação.
- g) Em um terço dos cursos analisados a carga horária de atividades de laboratório de materiais de construção é igual à mínima.
- h) As cargas horárias na matéria Sistemas Estruturais são assim distribuídas: 40% a 60% em Concreto Armado, 25% a 30% em Estruturas Metálicas e de Madeira (destas 70% e 30% respectivamente) e o restante entre Pontes e Concreto Protendido.
- i) A maioria dos cursos inclui Portos e Aeroportos como disciplinas obrigatórias perfazendo um total que varia de 60 a 150 horas. Os conteúdos abordam tópicos de hidráulica fluvial, obras fluviais, aparelhamento do portos e canais artificiais; aeronaves, projeto geométrico de pistas, sinalização, balizamento e equipamentos, respectivamente.
- j) Os conteúdos das disciplinas de Estradas, não abordam tópicos de projeto, drenagem e conservação de estradas não pavimentadas.
- k) Em alguns cursos, na matéria de Saneamento Básico, são abordados aspectos de coleta, condução e disposição final do lixo, bem como de sistemas de abastecimento e de esgoto para pequenas comunidades.

- l) Na maioria dos cursos a matéria Construção Civil compreende Arquitetura, Planejamento Urbano, Construção de Edifícios ou Técnicas de Edificação e Planejamento e Controle das Construções. Nestes casos a distribuição de carga horária é praticamente equitativa entre as disciplinas.
- m) A abordagem de construção civil, de maneira geral, é feita sobre as fases e execução de pequenas edificações.
- n) A racionalização e industrialização da construção são pouco enfatizados nas disciplinas da maioria dos cursos em questão.

A análise anterior procura diagnosticar em cada matéria os conteúdos desenvolvidos e as respectivas cargas-horárias. No entanto novas constatações podem ser efetuadas quando do estudo da inter-relação das cargas horárias de cada matéria com os totais das matérias de formação profissional.

Observa-se, por exemplo, que a matéria Topografia consome em média, na formação do profissional, aproximadamente o dobro do tempo da Hidrologia ou o mesmo daquele de Materiais de Construção. Tendo em vista que metade da carga horária de Topografia é dedicada à prática de campo, urge questionar:

- a) Não seria mais importante e conveniente trabalhar e analisar estruturas de dados ao invés de levantá-los?
- b) Até que ponto comprometeria o desempenho do profissional de Engenharia Civil frente a seu mercado de trabalho se a carga horária de atividade de campo fosse reduzida?

Cabe salientar também a relação entre o tempo destinado à matéria Teoria das Estruturas e o conteúdo desenvolvido. A maior parte deste tempo (10% da carga total de formação profissional) é empregada no estudo de processos de determinação de esforços (equação dos três momentos, método dos pontos fixos, método de Cross, processos gráficos, entre outros).

Estes métodos foram desenvolvidos para agilizar e minimizar o trabalho de cálculo e portanto, tornam-se prescindíveis à medida que a complexidade e ocorrência simultânea de ações nas estruturas requerem o auxílio de processadores de dados.

Assim sendo justificaria ensinar os processos gerais (princípio dos trabalhos virtuais, esforços e deslocamentos) e empregar o restante da carga horária na concepção, formulação e interpretação física e quantitativa das estruturas.

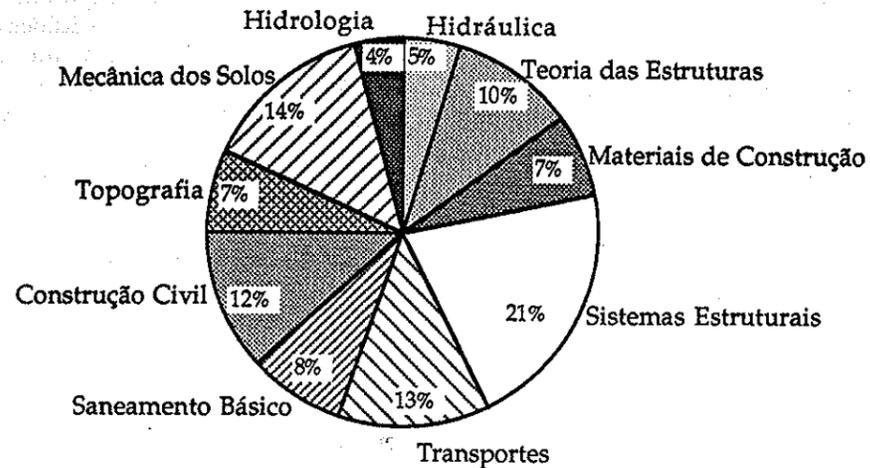


FIGURA 2 — Percentuais de Carga Horária das Matérias no Ciclo de Formação Profissional.

5. Desdobramento das matérias de formação geral

"As matérias de formação geral, comum a todas as áreas de Engenharia devem conter assuntos que contribuam para complementar a formação básica do engenheiro, capacitando-o à utilização de elementos de natureza sócio-econômica no processo de elaboração criativa, compreendem os seguintes campos: Humanidades e Ciências Sociais, Administração, Economia e Ciências do Ambiente".

O desdobramento e os conteúdos destas matérias é bastante diversificado entre as Instituições porém, contendo sempre os tópicos fixados na Resolução 48/76 do Conselho Federal de Educação.

Como regra geral, a carga horária nos cursos analisados é distribuída na seguinte forma:

- Humanidades e Ciências Sociais – 60 a 150 horas.
- Administração – 60 a 120 horas.
- Economia – 45 a 60 horas.
- Ciências do Ambiente – 30 a 60 horas.

As matérias de formação geral perfazem em torno de: 8% da carga horária total dos currículos plenos, nas Universidades Católicas e 6% nas demais Instituições.

6. Estrutura dos currículos plenos

As estruturas curriculares analisadas podem ser agrupadas em três categorias:

- a) Aquelas formadas exclusivamente pelas matérias de formação básica, geral e profissional e de legislação específica, incluindo ou não trabalho final de graduação.

- b) Aquelas formadas como as anteriores porém incluindo matérias complementares optativas e ou eletivas, podendo ser escolhidas dentre as de um rol pré-estabelecido em quaisquer das oferecidas na Instituição.
- c) Aquelas formadas por um ciclo comum obrigatório composta pelas matérias de formação básica, geral e profissional geral e outro constituído por disciplinas em uma matéria ou especialidade (ênfase) podendo ainda ser complementado com disciplinas optativas.

A maioria das estruturas curriculares analisadas enquadram-se no item b, sendo as disciplinas optativas constituídas pelo aprofundamento dos conteúdos da Resolução 48/76-CFE ou por assuntos nela constante, que não foram contemplados no ciclo obrigatório.

Tanto as ênfases como as disciplinas optativas compreendem: sistemas estruturais, construção civil, saneamento básico, transportes. Em alguns cursos as disciplinas são direcionadas para assuntos em serviços públicos e sistemas construtivos.

Cabe ressaltar que ao ofertar como optativos os assuntos constantes da resolução 48/76-CFE, o curso deixa de cumprir os mínimos, e o conteúdo do currículo pleno passa a ser em termo de abrangência menor que o mínimo.

Independentemente da estrutura os currículos dos cursos de Engenharia Civil apresentam em média para as matérias de formação básica, geral e profissional os percentuais demonstrados na Figura 3. Os currículos plenos possuem cargas horárias variando entre 15% a 36% (20% a 22% em média) superiores as 3600 horas fixadas como mínimas para os cursos de Engenharia.

7. Currículos de engenharia civil vigentes no Paraná

A rede de cursos de Engenharia Civil no Estado do Paraná é composto por cinco cursos vinculados e distribuídos nas Universidades Estaduais de Londrina, Maringá e Ponta Grossa, na Universidade Federal do Paraná e na Universidade Católica do Paraná (os dois últimos na cidade de Curitiba).

No Quadro III são apresentadas, por matéria, as cargas horárias e os percentuais que representam nas respectivas classificações.

Considerando que as disciplinas optativas desempenham a função de aprofundar os conhecimentos nas áreas em que são oferecidas, ao analisar os dados apresentados constata-se que:

- a) Nas Universidades Estaduais a carga horária das matérias de formação básica é homogênea, bem como aquelas das matérias de formação profissional.
- b) A formação profissional em Londrina é predominantemente para a Construção Civil, sendo o único curso no Estado a enfatizar esta matéria.
- c) Há definição de percentuais de cargas horárias em certas matérias, como por exemplo Sistemas Estruturais, Hidráulica, Topografia, e variações acentuadas em outras.
- d) Há influência do regionalismo na matéria Hidrologia Aplicada.

Quanto ao regime de oferta de disciplina, à exceção do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná, todos são de regime semestral e matrícula por disciplina.

8. Conclusão

De maneira geral, em todas as oportunidades em que são discutidos e abordados aspectos curriculares e avaliação do binômio ensino x aprendizado constata-se que há dissonância entre todos estes aspectos.

A compatibilização currículo-profissional-mercado é também tema de estudos e conclusões de que o trinômio é insatisfatório.

Face ao exposto neste trabalho pode-se concluir que:

- a) É necessário avaliar os currículos e o seu desempenho no atual contexto social das regiões onde são desenvolvidos e incentivar o regionalismo dos mesmos.
- b) Sejam empenhados esforços no sentido de incentivar o desenvolvimento de textos didáticos

cos que contenham aplicações voltadas aos cursos a que se destinam, notadamente nos casos de Fenômenos de Transportes, Resistência dos Materiais, Química e Física.

- c) Os tópicos da Resolução 48/76-CFE que não são contemplados na maioria dos currículos (engenharia de sistemas, otimização, morfologia das estruturas), representam pontos de mudança substancial na avaliação do que se pretende dos profissionais de engenharia civil.
- d) Os currículos constituem retaguarda dos sistemas estruturais. Por exemplo, a ausência de introdução de teoria da elasticidade na matéria Resistência dos Materiais dificulta o ensino de Estruturas Metálicas segundo a nova normalização.

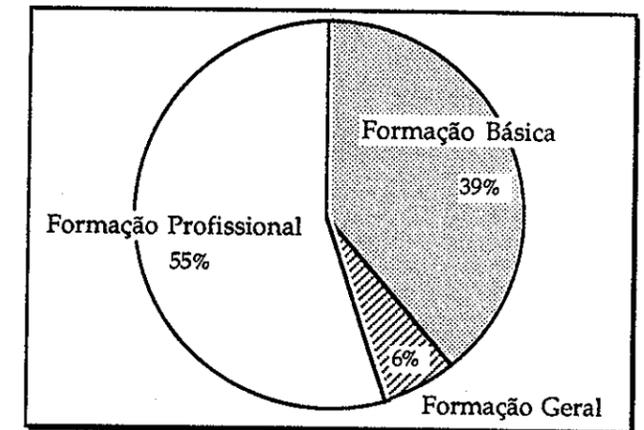


FIGURA 3 — Composição Percentual do Currículo do Curso de Engenharia Civil.

- e) É necessário avaliar o que se pretende de fato com as atividades de projeto, de laboratório e de campo.

De fato, na maioria dos cursos de Engenharia Civil, os currículos plenos possuem conteúdos mínimos, muitas vezes dissociados do contexto físico e social de onde são executados.

Então os currículos de Engenharia Civil constituiriam retaguarda num mercado profissional de vanguarda?

9. Bibliografia

- [1] CONSELHO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CFE, Parecer nº 4807/75, Projeto de Currículo Mínimo para o Curso de Engenharia.
- [2] CONSELHO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, Resolução nº 48/76, Fixa os mínimos de conteúdos para os cursos de Engenharia.

Quadro III — Cargas Horárias dos Currículos dos Cursos de Engenharia Civil no Paraná.

	Matéria	Londrina		Ponta Grossa		Maringá		Federal		Católica	
		Carga Horária	%	Carga Horária	%						
Formação Básica	Matemática	570	34	540	32	510	31	510	33	540	39
	Física	270	16	345	20	330	20	330	22	180	13
	Química	105	6	135	7	90	6	90	6	120	9
	Mecânica	90	5	60	4	90	6	120	8	120	9
	Processamento de Dados	75	4	60	4	120	8	(*)	—	120	9
	Desenho	225	14	240	14	150	9	240	15	150	10
	Eletricidade	75	4	90	5	90	6	(*)	—	30	2
	Resistência	210	13	150	9	150	8	150	10	120	9
	Fenômenos de Transportes	75	4	90	5	90	6	90	6	90	—
	Total	1695	—	1710	—	1620	—	1530	—	1380	—
Formação Geral	Humanidade e Ciências Sociais	150	46	60	22	30	17	60	24	105	37
	Administração	60	18	120	44	60	33	90	38	120	42
	Economia	60	18	45	17	60	33	90	38	60	21
	Ciências do Ambiente	60	18	45	17	30	17	(*)	—	(*)	—
Total	330	—	270	—	180	—	240	—	285	—	
Formação Profissional	Topografia	180	8	135	7	150	8	180	9	150	7
	Mecânica dos Solos	285	13	240	13	240	12	240	12	300	16
	Hidrologia Aplicada	60	3	60	3	90	5	120	6	120	6
	Hidráulica	90	4	75	4	150	8	90	4	90	5
	Teoria das Estruturas	180	8	225	12	210	11	270	13	180	9
	Materiais de Construção	210	9	150	8	90	5	180	9	120	6
	Sistemas Estruturais	390	17	300	17	330	17	240	12	405	20
	Transportes	180	8	270	16	270	14	360	17	240	12
	Saneamento Básico	150	7	120	7	210	11	180	9	210	10
	Construção Civil	510	23	240	13	210	11	180	9	180	9
Total	2235	—	1815	—	1950	—	2040	—	1995	—	
Estágio	Estágio	120	—	60	—	60	—	(**)	—	(**)	—
	Eletivas/Optativas	—	—	210	—	180	—	180	—	(**)	—
Total	4380	—	4065	—	3990	—	3990	—	3660	—	

(*) Cargas horárias incluídas em outras matérias.

(**) Cargas horárias não constatadas.

(1) Universidade Estadual de Maringá, optativas em: Saneamento, Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas.

(2) Universidade Estadual de Ponta Grossa, optativa em: Hidráulica, Construção Civil, Transportes, Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas.

(3) Universidade Federal do Paraná, optativas em: Projetos de Construção Civil, Teoria das Estruturas, Sistemas Estruturais e Transportes.

[3] Escola de Engenharia Mauá - SP, Escola de Engenharia de São Carlos - SP, Escola Politécnica do Pernambuco, Faculdade de Engenharia de São José do Rio Preto - SP, Fundação Armando Álvares Penteado - SP, Fundação Percival Farquhar - MG, Fundação Vale Paraibana de Ensino Superior, Universidade do Amazonas, Universidade de Bauru, Universidade Católica de Minas Gerais, Universidade Católica do Paraná, Universidade Católica de Pelotas - RS, Universidade Católica de Pernambuco, Universidade Católica do Rio

de Janeiro, Universidade Estadual de Campinas - SP, Universidade Estadual de Londrina - PR, Universidade Estadual de Maringá - PR, Universidade Estadual de Ponta Grossa - PR, Universidade Federal Fluminense, Universidade Federal de Goiás, Universidade Federal de Ouro Preto, Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal de São Carlos, Universidade Federal de Uberlândia, Universidade de Mogi das Cruzes, Universidade de Taubaté.

Ensino Experimental de Controle Automático Usando Microcomputador

Alcindo do Prado Júnior ¹
Mairton de Oliveira Melo ²
Carlos Inácio Zanchin ³
Walter Celso de Lima ⁴

PRADO JUNIOR, Alcindo do; OLIVEIRA MELO, Mairton de; ZANCHIN, Carlos Inácio; LIMA, Walter Celso de. Ensino experimental de controle automático usando microcomputador. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 91-99, 2^a sem. 1988

Este trabalho objetiva a realização, através de microcomputadores de fabricação nacional, de um conjunto de experiências básicas destinadas ao ensino e desenvolvimento no campo do controle automático. Pode-se estudar o comportamento de sistemas tanto no contexto de tempo contínuo (para pequenos períodos de amostragem) como também no contexto de tempo discreto (Controle Digital Direto). Como processo de aplicação utiliza-se um simulador eletrônico de motor de corrente contínua, cujos parâmetros podem ser facilmente alterados. Abordam-se aspectos da Teoria de Controle relacionados à Identificação de Sistemas, Controle com Pré-Alimentação (feed-forward) e Controle com Realimentação (feed-back), enfocando especialmente as leis de controle proporcional, integrativa e derivativa.

Controle Automático, Microcomputador.

PRADO JUNIOR, Alcindo do; OLIVEIRA MELO, Mairton de; ZANCHIN, Carlos Inácio; LIMA, Walter Celso de. Experimental teaching of automatic control with microcomputer. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 91-99, 2^a sem. 1988

This work presents the development, using eight-bit microcomputers, of some didactic practical experiments in Control Engineering. The behavior of control systems can be studied for the continuous — time context (for small sampling period), as for the discrete-time context (Direct Digital Control). As the application process, an electronic simulator of direct current motor and power amplifier is used, whose parameters can be easily changed. Systems Identification, Feed-Forward Control and Feed-Back Control (PID Control action) are the principal subjects treated in this work.

Automatic control, Microcomputer.

¹ Dr. - DEE/UEDESC/Joinville

² MSc. - DEE/UEDESC/Joinville

³ MSc. - Centro Tecnológico/UFSC

⁴ Livre Docente - Centro Tecnológico/UFSC

1. Introdução

Há uma grande carência de equipamentos didáticos ligados ao ensino experimental de disciplinas relacionadas à área de Controle Automático em nosso país.

O presente trabalho, tendo em vista contribuir para preencher esta lacuna, objetiva a realização, através de microcomputadores de fabricação nacional, de um conjunto de experiências destinadas ao ensino e desenvolvimento no campo da automática.

Embora se utilize o computador para implementar controladores, não se objetiva apenas o estudo de Controle Digital Direto (DDC), mas também a realização de leis de controle num contexto de tempo contínuo, presumindo-se períodos de amostragem bem menores que as constantes de tempo do sistema controlado.

Abordam-se os aspectos da Teoria de Controle Automático relacionados a Identificação de Sistemas, Controle com Pré-alimentação (feed-forward) e Controle com realimentação (feed-back), enfocando especialmente as leis de controle proporcional, integrativa e derivativa.

Como processo de aplicação utiliza-se um simulador eletrônico de motor de corrente contínua e amplificador de potência, cujos parâmetros podem ser facilmente alterados.

A utilização de microcomputadores, além de alta flexibilidade de aplicação, pois permite apresentação de resultados em gráficos de alta e baixa resolução, em vídeo ou em impressora, mostra como principal vantagem a possibilidade de se poder montar um pequeno Laboratório de Controle com um preço reduzido; necessita-se apenas de um microcomputador de oito bits (que toda escola deve ter) com algumas placas adicionais (simulador e conversores AD e DA).

2. Arquitetura do sistema

A figura 1 descreve a arquitetura do sistema. Utilizou-se um microcomputador "APPLE" compa-

$$\begin{cases} v = K_t w + R_a i_a + L \frac{d i_a}{d t} & \text{(balanço de tensões)} \\ K_t i_a = J \frac{d w}{d t} + f w + T_p & \text{(balanço de torques)} \end{cases} \quad (1)$$

onde,
 u = tensão na entrada do amplificador de potência
 v = tensão na armadura do motor
 w = velocidade angular do eixo do motor
 i_a = corrente de armadura

tível, de 8 "bits", na configuração de 48K de memória.

A programação, desenvolvida em BASIC ("Apple-soft") e Assembler (Macro-assembler), consta de um conjunto de 6 experiências, divididas em 6 programas, denominados LAB1, LAB2, LAB3, LAB4, LAB5 e LAB6, presentes no disquete intitulado "Laboratório de Automação Industrial", que acompanha o sistema. O acesso a esse conjunto de experiências é através da declaração RUN LAB1, quando se obtém o MENU de experiências (ver detalhes na seção 4).

O "software" mencionado acima presuppõe as ligações:

- "drive de disquete fenda 6
- impressora fenda 1
- conversor A/D fenda 5
- conversor D/A fenda 2

Especificações:

- a) "Drive" de disquete 5 1/4"
- b) Impressora gráfica Mônica EL6011
- c) Conversor D/A 8 "bits" (0 - 10V)
- d) Conversor A/D 8 "bits" (0 - 5,12V)

O simulador da planta é descrito em detalhes na seção 3. Para visualizar "off-line" os valores da velocidade angular e da corrente de armadura do motor simulado, foi conectado ao módulo do simulador um display numérico.

3. O simulador do motor de corrente contínua

O modelo do motor de corrente contínua que será usado é o linear por partes de segunda ordem, que já leva em conta certas simplificações: a indutância e a resistência de armadura são consideradas constantes e é desprezada a reação de armadura.

As equações matemáticas para tal modelo (veja figura 2), resultantes do balanço entre tensões e torques, são:

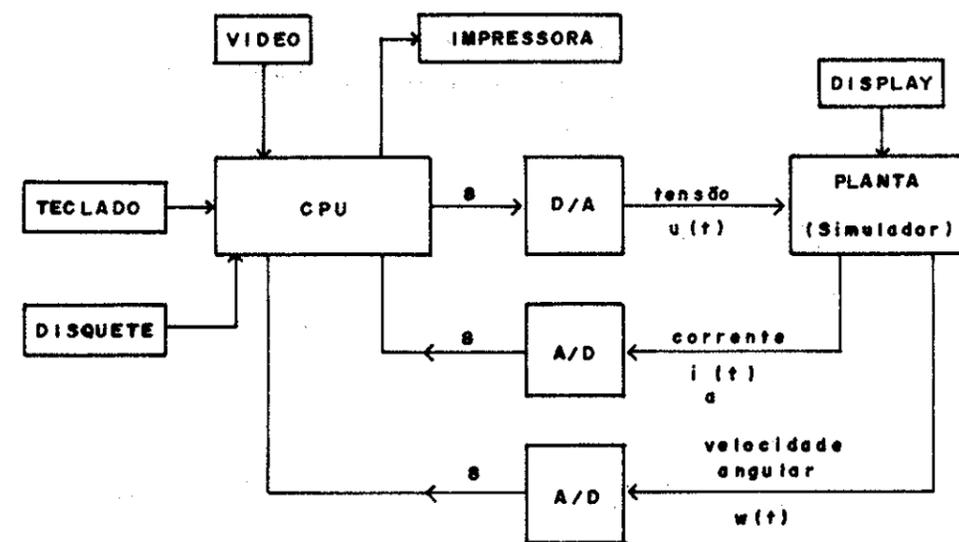


Fig. 1 - ARQUITETURA DO SISTEMA

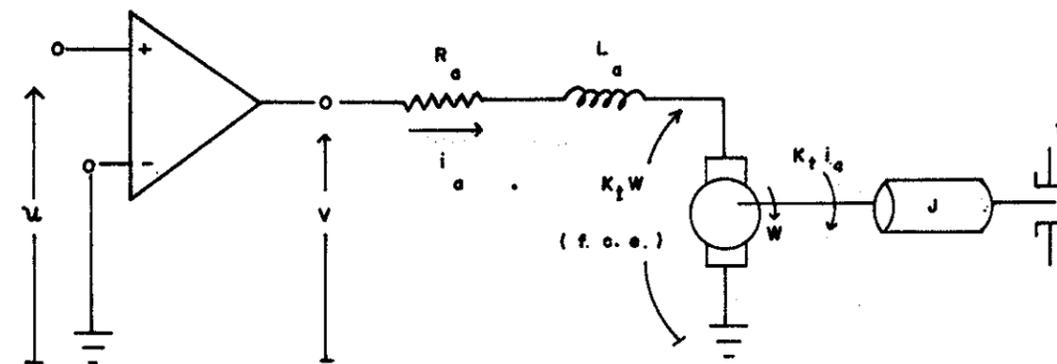


Fig. 2 - ESQUEMA DO MOTOR E DO AMPLIFICADOR DE POTÊNCIA

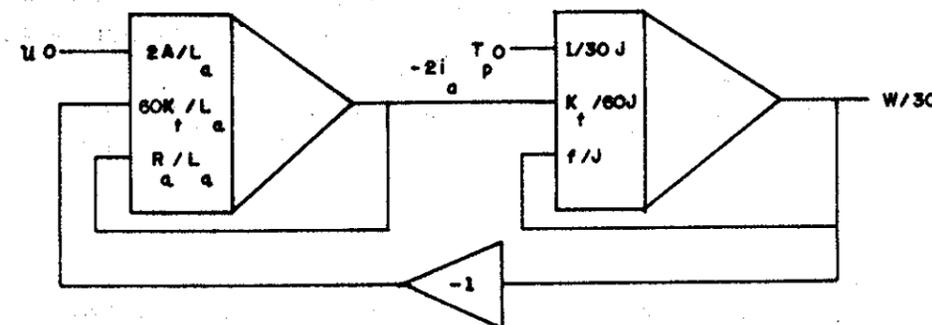
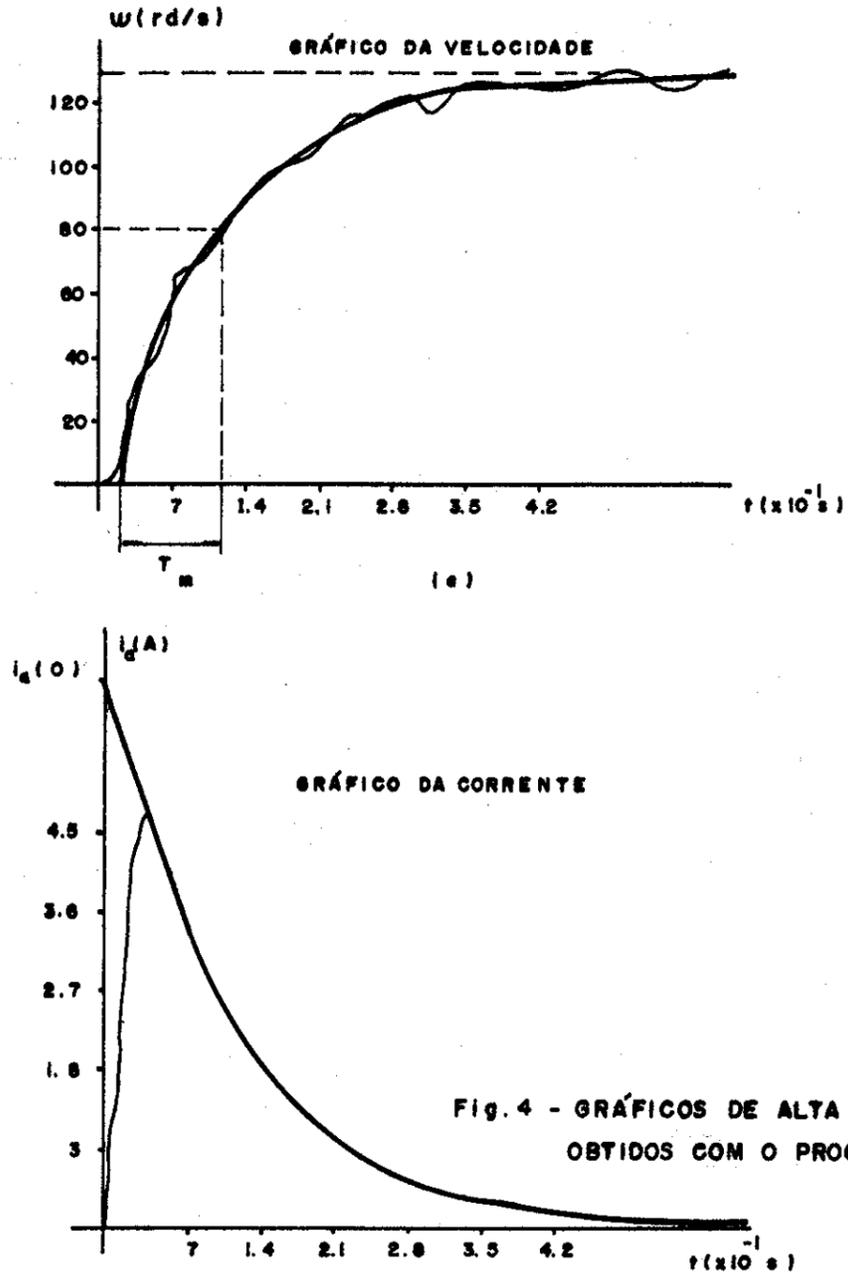


Fig. 3 - DIAGRAMA DE SIMULAÇÃO ANALÓGICA REESCALONADO.

R_a = resistência de armadura
 K_t = constante do motor
 J = momento de inércia do eixo do motor + carga
 f = coeficiente de atrito viscoso
 T_p = torque de perturbação (carga adicional)



Partindo-se das equações (1) chega-se facilmente ao esquema de simulação analógica da figura 3, do motor mais amplificador de potência, onde A é ganho do amplificador, cuja entrada é u . Nesse diagrama as saídas i_a (corrente de armadura) e w (velocidade angular) estão escalonadas a fim de se ter tensões adequadas nas saídas dos amplificadores operacionais usados no simulador.

4. Menu principal e menu auxiliar

O programa LAB1, além de realizar a primeira experiência, de Estimação da Função de Transferência do motor + amplificador, é também a porta de entrada para as outras experiências através do MENU PRINCIPAL, onde a digitação do número k (k

de 1 a 6), deverá chamar o Programa LABk, correspondente a cada experiência.

MENU PRINCIPAL

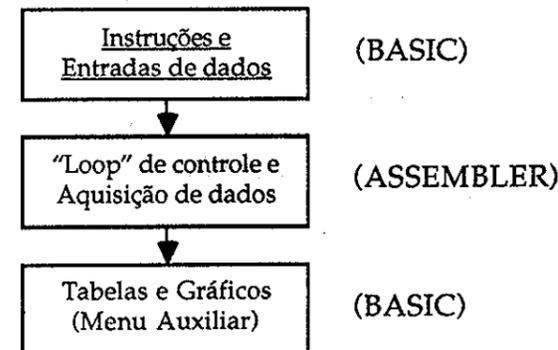
- (1) Estimação da Função de Transferência do Motor
- CONTROLE DE VELOCIDADE DO MOTOR:
- (2) Malha Aberta
 - (3) Pré-Alimentação (Feed-forward)
 - (4) Ação Proporcional
 - (5) Ação Integral
 - (6) Ação PID

O MENU AUXILIAR, que aparece em todas as experiências, mostra as possibilidades gráficas de apresentação de resultados, de mudança no número de pontos nos gráficos e tabelas de resultados, e do retorno ao início da mesma, ou de outra experiência.

MENU-AUXILIAR

- + GRÁFICOS DE ALTA RESOLUÇÃO
 1. Corrente vídeo
 2. Velocidade vídeo
 3. Corrente impressora
 4. Velocidade impressora
 5. Tabela no vídeo
- + GRÁFICO DE BAIXA RESOLUÇÃO-IMPRESSORA
 6. Corrente
 7. Velocidade
- + 8. Mudança do Número de Pontos
- + 9. Repetir a Experiência
- + 10. Voltar ao Menu Principal

Todos os programas desenvolvidos seguem a estrutura mostrada pelo diagrama de fluxo a seguir.



5. O conjunto de experiências

5.1. Experiência nº 1 — Estimação de Função de Transferência

O objetivo desta experiência consiste em estimar a Função de Transferência correspondente ao motor de corrente contínua e o amplificador de potência, e

alguns parâmetros do motor, usando características de resposta ao degrau.

Através dos gráficos da velocidade angular e da corrente de armadura, e supondo a aproximação de 1º ordem para a função de transferência:

$$G(s) = \frac{W(s)}{U(s)} = \frac{K_m}{s + 1/T_m} \quad (2)$$

estimam-se os valores de k_m , T_m , R_a e k_t .

A figura 4 apresenta curvas típicas de $w(t)$ e $i_a(t)$ a serem usadas no processo de estimação.

5.2. Experiência nº 2 — Controle de Velocidade em Malha Aberta

O objetivo desta experiência consiste em verificar o comportamento da velocidade e da corrente de armadura de um motor de corrente contínua em malha aberta sujeitos à perturbação de torque.

Fazendo a perturbação de torque T_p variar bruscamente de zero a um valor constante (tipo degrau), observa-se que isso acarretará mudanças nos valores de regime da velocidade e da corrente, quando nenhum controle é aplicado ao sistema (malha aberta).

5.3. Experiência nº 3 — Controle de Velocidade com Pré-Alimentação

O objetivo desta experiência é verificar o comportamento da velocidade e da corrente de armadura com um controlador de pré-alimentação (feed-forward), sujeito a perturbação de torque.

Em regime permanente, a partir das equações (1) tem-se

$$A u = k_t w + R_a i_a \quad (3)$$

Logo, para uma velocidade angular desejada w_d , a tensão u a ser aplicada será dada por

$$u = \frac{k_t}{A} w_d + \frac{R_a}{A} i_a \quad (4)$$

A figura 5 ilustra a lei de controle a ser usada. Observe a partir da figura 4 que a variável a ser controlada w não é realimentada. Antes, uma medida de perturbação de torque é feita através da corrente de armadura i_a , que é usada para gerar a lei de controle (4).

A esse tipo de ação de controle denomina-se Controle por pré-alimentação (feed-forward).

A expressão (4) também mostra que este controlador depende do conhecimento prévio dos valores de R_a e k_t , estimados na 1ª experiência. Essa é uma característica dos controladores de pré-alimentação, que dependem de um bom conhecimento do processo a ser controlado e de como perturbações o

afetam (no caso, a equação (3)). Também é importante frisar que a lei de controle (4) foi projetada, tendo em vista o sistema em regime permanente, não considerando o comportamento transitório, que poderá ser deficiente, Figura 6.

5.4. Experiência nº 4 — Controle de Velocidade com Ação Proporcional (P)

Neste caso, será usado um controlador de realimentação do tipo proporcional, como mostrado pela figura 7, onde a lei de controle é dada por:

$$u(t) = k e(t) \quad (5)$$

A figura 8 apresenta um gráfico de alta resolução, proveniente do Programa LAB4, que realiza esta experiência.

5.5. Experiência nº 5 — Controle de Velocidade com Ação Integral (PI)

A fim de eliminar erros de regime que aparecem no controle com ação proporcional, nesta experiência é introduzida a ação integrativa. A lei de controle, neste caso, será dada por:

$$u(t) = k e(t) + k_i \int_0^t e(t) dt \quad (6)$$

ou

$$u(s) = \left(k + \frac{k_i}{s} \right) E(s) \quad (7)$$

A figura 9 apresenta um gráfico de alta resolução, proveniente do Programa LAB5, que realiza esta experiência.

5.6. Experiência nº 6 — Controle de Velocidade com Ação PID

Para aumentar a estabilidade do sistema e conseguir sistemas mais rápidos, pode-se ainda acrescentar à lei de controle (6), ação derivativa, da forma

$$u(t) = k e(t) + k_i \int_0^t e(t) dt + k_d \frac{de}{dt} \quad (8)$$

$$u(s) = \left(k + \frac{k_i}{s} + k_d s \right) E(s) \quad (9)$$

As figuras 10 e 11 apresentam resultados do programa LAB6, que realiza o controlador PID.

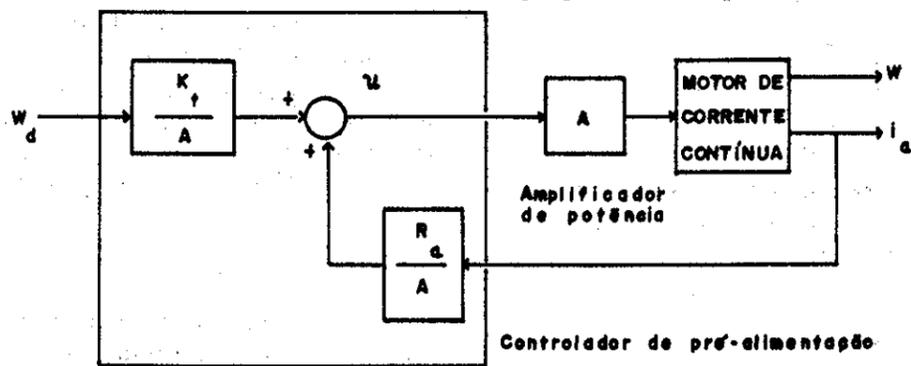


Fig. 5. DIAGRAMA DE CONTROLE COM PRÉ-ALIMENTAÇÃO.

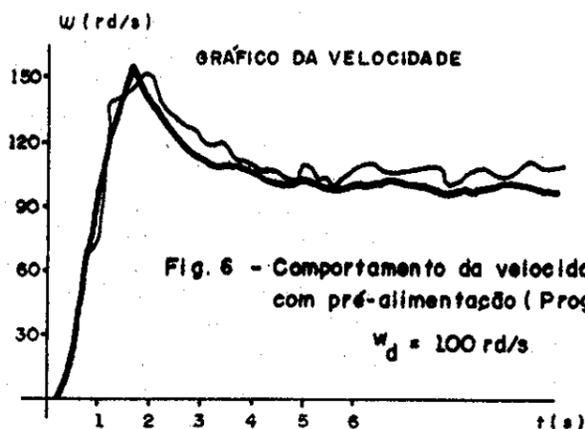


Fig. 6 - Comportamento da velocidade angular com pré-alimentação (Programa LAB 3)

$W_d = 100 \text{ rd/s}$

LEGENDA:

- MOTOR SEM CARGA
- - - MOTOR COM CARGA

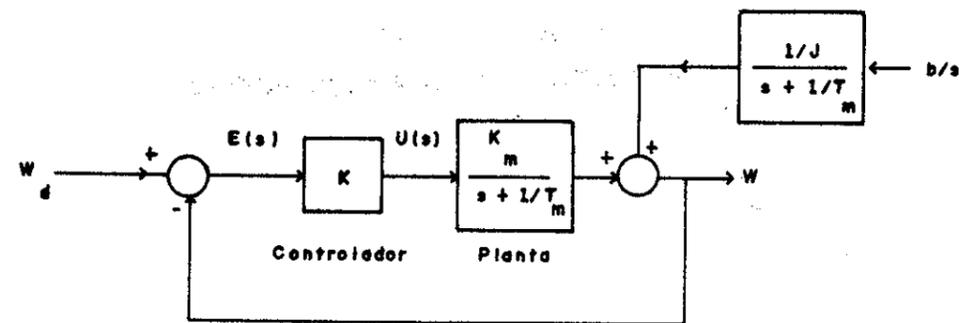


Fig. 7. LEI DE CONTROLE PROPORCIONAL PARA APROXIMAÇÃO DE 1º ORDEM.

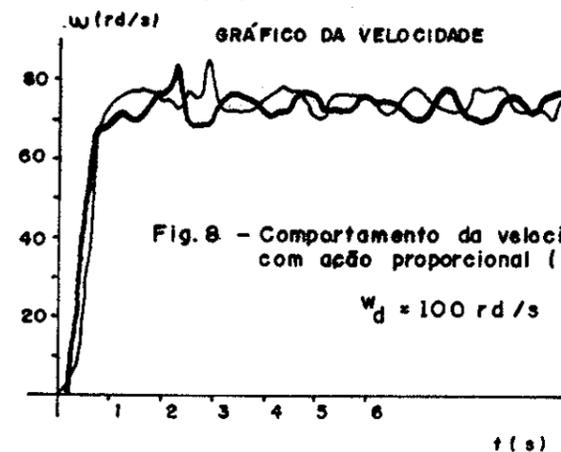


Fig. 8 - Comportamento da velocidade angular com ação proporcional (Programa LAB4)

$W_d = 100 \text{ rd/s}$

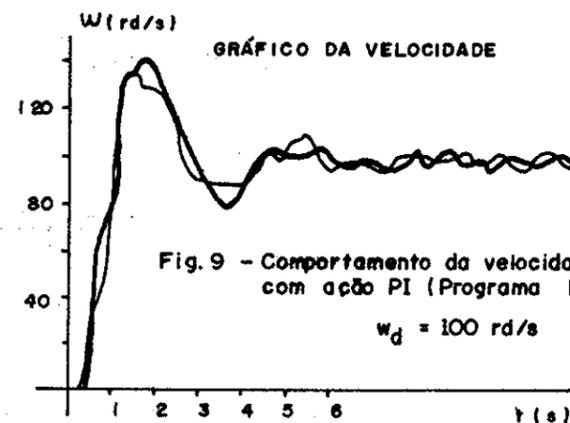
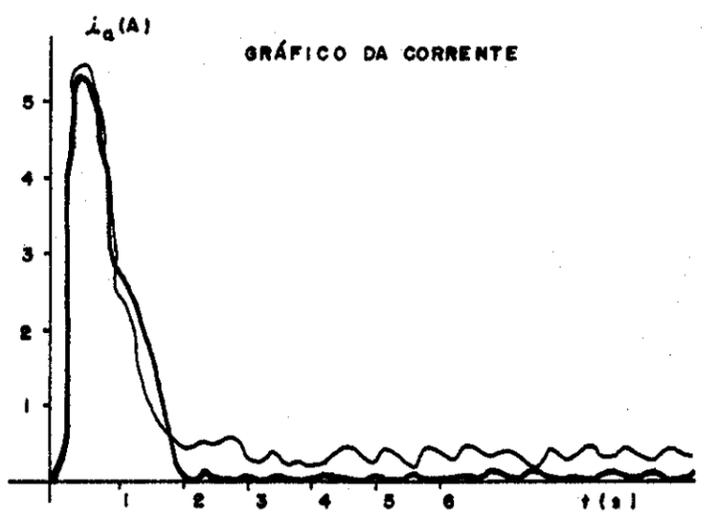
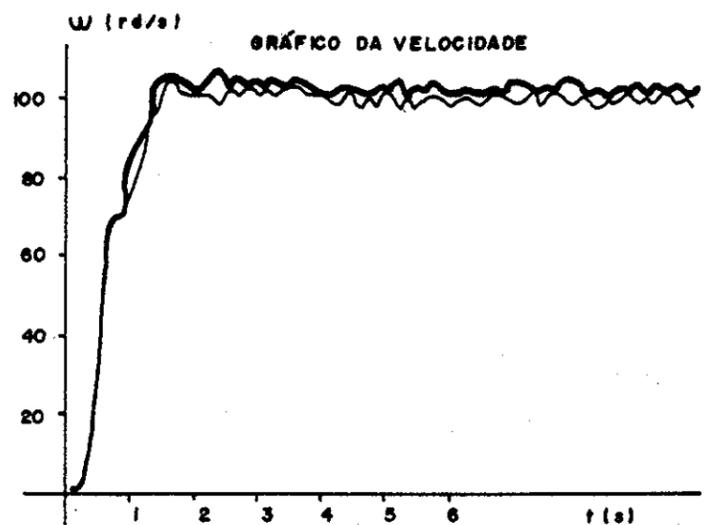


Fig. 9 - Comportamento da velocidade angular com ação PI (Programa LAB5)

$W_d = 100 \text{ rd/s}$



LEGENDA:
 ——— - MOTOR COM CARGA
 ——— - MOTOR SEM CARGA

Fig.10 - GRÁFICOS DE ALTA RESOLUÇÃO DO PROGRAMA LAB 6 PARA $w_d = 100 \text{ rd/s}$.

=====

CONTROLE DE VELOCIDADE COM AÇÃO PID

VELOCIDADE DESEJADA.....=100
 GANHO PROPORCIONAL.....=.02
 GANHO INTEGRATIVO.....=1
 GANHO DERIVATIVO.....=2E-04
 PERIODO=19.79 ms
 NUMERO DE AMOSTRAS=150
 PONTOS NO GRAFICO=30

LEGENDA: * - CURVA SEM CARGA
 + - CURVA COM CARGA

t(ms)	w(t)	wc(t)	VELOCIDADE	
19.78	0	2.1586	!	H
39.57	8.6347	4.3173	!+ *	
59.37	34.538	34.538	!	H
79.15	69.077	69.077	!	H
98.94	69.077	69.077	!	H
118.74	86.347	77.712	!	+ *
138.52	92.823	86.347	!	+ *
158.31	94.981	103.61	!	* +
178.11	103.61	103.61	!	H
197.89	103.61	99.299	!	+ *
217.68	99.299	99.299	!	H
237.48	103.61	99.299	!	+ *
257.26	105.77	97.140	!	+ *
277.05	99.299	103.61	!	* +
296.85	101.45	101.45	!	H
316.63	103.61	99.299	!	+ *
336.42	99.299	103.61	!	* +
356.22	101.45	101.45	!	H
376	101.45	103.61	!	* +
395.79	99.299	101.45	!	H
415.59	99.299	99.299	!	H
435.37	101.45	97.140	!	+ *
455.16	101.45	101.45	!	H
474.96	97.140	101.45	!	* +
494.75	101.45	97.140	!	+ *
514.53	101.45	101.45	!	H
534.32	97.140	103.61	!	* +
554.11	101.45	97.140	!	+ *
573.91	101.45	99.299	!	H
593.7	103.61	101.45	!	+ *

Fig.11 - Gráfico de baixa resolução para a velocidade do programa LAB6.

w(t) - velocidade angular sem carga
 wc(t) - velocidade angular com carga

Força Eletromotriz Induzida nas Máquinas de Corrente Contínua — Um Novo Método para a sua Demonstração.

Aurio Gilberto Falcone †

FALCONE, Aurio Gilberto Força Eletromotriz Induzida nas Máquinas de Corrente Contínua Um Novo Método para a sua Demonstração. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 100-105, 2ª sem. 1988.

No ensino das disciplinas de caráter técnico aplicativo o aluno tem a tendência de se preocupar mais com as fórmulas finais do que com os processos de demonstração, às vezes extensos e elaborados, utilizados para obtê-las. Porém, nas disciplinas técnicas de caráter básico que as precedem o professor deve dar atenção especial aos métodos dedutivos visto que apresentam um papel importante, sendo uma das bases do raciocínio analítico na engenharia. Esse objetivo pode ser atingido pelo novo processo dedutivo, ora proposto, para a força eletromotriz (f.e.m.) das Máquinas de Corrente Contínua com Comutador. A formulação matemática utilizada é simples, porém, não ao ponto de prejudicar a precisão conceitual e dá uma ênfase especial aos fenômenos físicos ocorridos nos enrolamentos dessas máquinas, tais como o comportamento pseudo-estacionário; distribuição em muitas ranhuras; existência de "ripple" na f.e.m. e a forma de onda do campo entreferro.

Força eletromotriz, F.e.m. — demonstração da, Máquina CC — f.e.m.

FALCONE, Aurio Gilberto Electromotive Force Induced in Direct Current Machines — A New Method for its Derivation. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 100-105, 2ª sem. 1988.

When engineering are learning technical courses they are more interested in the final formulae and its correct application than in the derivation process. However, in technical courses of basic character, special attention must be to given derivation methods. In these courses the deducing method is very important because it is one of the basis of the engineering analytical way of reasoning. This aim can be reached by the new method proposed in this paper for the derivation of electromotive force (e.m.f.) of Direct Current Machines with commutator. Mathematical formulation is simple but sufficient to avoid approximations and inaccuracies. It emphasizes the physical phenomena that take place in the D.C. windings: pseudo-stationary behavior, distribution on a great number of slots, occurrence of ripple on the e.m.f. and shape of the air gap field.

DC Machines — e.m.f., Electromotive force, F.e.m. — derivation of

† Professor Adjunto de "Conversão Eletromecânica de Energia" da Escola Politécnica da USP

1. Introdução

O estudante de Engenharia de eletricidade toma conhecimento, nos cursos de Conversão Eletromecânica de Energia ou de Máquinas Elétricas, de um processo dedutivo bastante extenso para se obter o valor eficaz da força eletromotriz (f.e.m.) induzida, total, entre os terminais de uma fase de uma máquina de Corrente Alternada (C.A.). No final desse processo chega-se a conclusão que o valor dessa f.e.m. total é o produto da f.e.m. induzida em cada condutor pelo número de condutores da fase, corrigido por dois fatores que levam em conta o encurtamento e a distribuição dos condutores, denominados fator de encurtamento e fator de distribuição. Este último prende-se ao fato dos condutores estarem distribuídos ao longo do perímetro do induzido e não concentrados em uma única bobina ideal.

Porém, nas máquinas de Corrente Contínua (C.C.), interessa para o usuário o valor médio da f.e.m. total entre escovas que é obtida pela retificação (promovida pelo comutador) das f.e.m. alternadas induzidas nos condutores. As obras de caráter didático dedicadas a Conversão Eletromecânica e às Máquinas Elétricas [1] [5] apresentam uma demonstração onde se conclui que o valor médio da f.e.m. total, entre escovas, é o produto do valor médio da f.e.m. induzida em cada condutor pelo número de condutores de cada derivação. Além disso supõe que os condutores estejam concentrados em uma única bobina ideal e deslocando-se sob os polos do indutor que, por sua vez, produzem uma distribuição de induções constante no entreferro. Ao contrário do caso das máquinas de C.A. esta demonstração convencional é extremamente simples e compacta, porém deixa a desejar do ponto de vista didático e físico. Outros autores de obras sobre Máquinas Elétricas, porém mais direcionadas aos projetistas, como Kostenko e Piotrovsky [6] apresentam um processo dedutivo muito mais rigoroso e, em parte,

semelhante ao apresentado neste trabalho, porém extremamente longo apesar da adoção de simplificações.

2. Razões para se propor um novo método

As demonstrações convencionais se apresentam omissas e, portanto, falha nos seguintes aspectos:

- 1) Tem levado, com frequência, o estudante a julgar, a primeira vista, que o resultado não teria validade para os condutores distribuídos ao longo do perímetro do induzido que é o caso das máquinas reais de C.C.
- 2) Não evidenciam a existência de ondulação ("ripple") no valor médio da f.e.m.
- 3) Não evidenciam, para um certo valor do fluxo, a independência do valor médio da f.e.m. com respeito a forma de onda da distribuição espacial do campo no entreferro.
- 4) Não evidenciam o fato dos enrolamentos serem pseudo-estacionários nas máquinas C.C. com comutador, sobre induzidos cilíndricos.

O método aqui apresentado propõe eliminar esses quatro inconvenientes e isso pode ser observado no desenvolvimento do processo dedutivo. Ele já foi submetido, com êxito, sob uma forma mais resumida, a várias turmas de alunos do autor, através de seu livro Eletromecânica [3].

3. Recordando o método convencional

Esse método consiste em se tomar uma máquina elementar de dois polos magnéticos com fluxo por polo Φ e um induzido rotativo com velocidade angular Ω , dotado de uma única espira com passo pleno, sob uma distribuição de induções constante (fig. 1(a)).

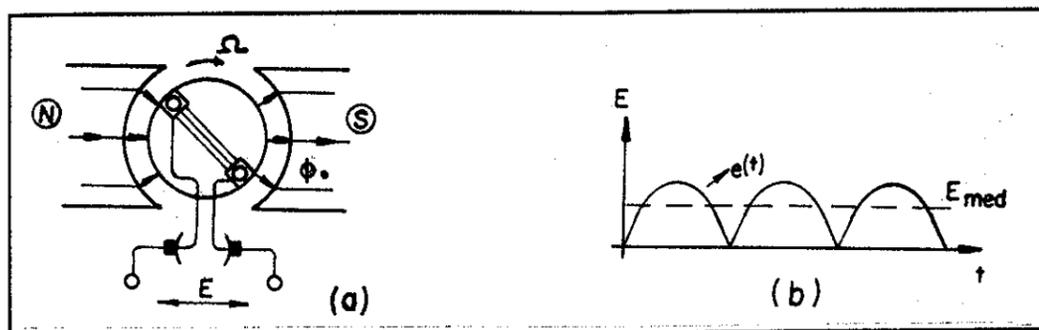


FIGURA 1: (a) - Máquina C.C. elementar de dois polos magnéticos e induzido de 1 espira. (b) f.e.m. obtida no comutador de duas lâminas.

Partindo-se do ponto de vista que o interesse está no valor médio da f.e.m. induzida (fig. 1(a)), utiliza-se para o seu cálculo o valor médio da variação do fluxo concatenado, $\Delta\phi$, durante o movimento da espira. Assim sendo, para uma espira,

$$E_{med} = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (1)$$

Durante uma rotação da espira o fluxo concatenado varia de 0 a ϕ_0 desde a posição $\theta = 0$ até a posição $\theta = 90^\circ$ da fig. 1(a). De $\theta = 90^\circ$ a $\theta = 180^\circ$, a variação é de ϕ_0 a 0. De $\theta = 180^\circ$ a $\theta = 270^\circ$, varia de 0 a ϕ_0 e, de $\theta = 270^\circ$ a $\theta = 360^\circ$, varia de ϕ_0 a 0. Isso resulta, em uma volta, uma variação, em módulo, $\Delta\phi = 4\phi_0$.

Note-se que isso é uma variação média sem se importar com o andamento da variação de 0 a ϕ_0 que está relacionada com a forma da distribuição espacial da densidade de fluxo no entreferro. O intervalo de tempo, Δt , correspondente a uma volta, é $1/n$, onde n é a frequência de rotação em rps.

Substituindo em (1) resulta:

$$E_{med} = 4\phi_0 n \quad (2)$$

Se a máquina apresentar mais de 2 polos o resultado é facilmente estendido para $2p$ polos (p = número de pares de polos). Basta notar que o número de variações de fluxo, em uma volta, seria p vezes a de 2 polos.

$$E_{med} = 4\phi_0 p n \quad (3)$$

Se a bobina, ainda suposta sem espessura, possuir N espiras, o resultado será N vezes o valor dado pela expressão (3). Como uma espira é constituída de dois condutores, a f.e.m. será, em função dos Z condutores do induzido,

$$E_{med} = (4\phi_0 p n) \frac{Z}{2} \quad (4)$$

Nesta etapa, os autores admitem a validade do resultado como se os Z condutores fossem distribuídos ao longo do perímetro da armadura que é a realidade das máquinas C.C. com grande número de lâminas no comutador.

Finalmente falta agora adaptar o resultado ao tipo de enrolamento, ondulado ou imbricado. Sabendo-se que uma particularidade do enrolamento pseudo-estacionário, distribuído, das máquinas C.C. com comutador (3), é apresentar um número de vias em paralelo (derivações) igual a $2a$ ($a = p$ para o tipo imbricado e $a = 1$ para o tipo ondulado), conclui-se que o número de condutores em série em cada derivação é $Z/2a$ e a f.e.m. fica

$$E_{med} = 4\phi_0 p n \frac{2}{2.2a} = Z n \phi_0 \frac{p}{a} \quad (5)$$

Alguns autores, como por exemplo Nasar [4], chegam ao mesmo resultado calculando a f.e.m. como função do tempo, para uma espira girando com velocidade constante em uma distribuição de indução uniforme e finalmente determinam o valor médio dessa f.e.m., em uma rotação, aplicando a definição do valor médio. Em princípio este procedimento em nada difere do anterior e está sujeito às mesmas críticas.

4. Apresentação do novo Método

Será focalizado em duas partes distintas: o valor instantâneo e o valor médio da f.e.m.

4.1. A ondulação da f.e.m.

A figura 2 mostra, em corte transversal retificado, um enrolamento de dois polos de uma máquina C.C. Por ser mais intuitivo e mais fácil de

representar foi escolhido um enrolamento com pequeno número de lâminas, do tipo imbricado, porém, o processo tem validade também para o ondulado, desde que sejam devidamente consideradas as relações entre número de condutores por polo, número de polos e número de derivações.

Sabe-se que a distribuição espacial de densidade de fluxo radial $B(\theta)$, de uma máquina C.C. em vazio, é praticamente retangular com cantos arredondados. Em carga, porém, devido a composição com a reação de armadura, toma uma forma bastante complexa, sem contudo perder a sua inerente simetria de meio período, ou seja, $B(\theta) = -B(\theta + \pi)$. Assim sendo, visto que este método propõe ser independente da forma de $B(\theta)$, na figura 2 está

representada uma forma qualquer de $B(\theta)$, radial e simétrica de meio período, que pode ser, eventualmente, a própria distribuição de campo resultante, com a máquina em carga (3).

Os condutores da figura 2 pertencem a bobinas de armadura de raio r , supostas de passo pleno, girando com velocidade angular, Ω , constante. As escovas estão na posição normal, ou seja, alinhadas com o Eixo Direto.

Dada a simetria de $B(\theta)$, as f.e.m. induzidas nos condutores do lado esquerdo somam-se, segundo o percurso da bobina, com as f.e.m. de uma espira. As f.e.m. parciais, em cada condutor, podem ser obtidas pelo método mocional.

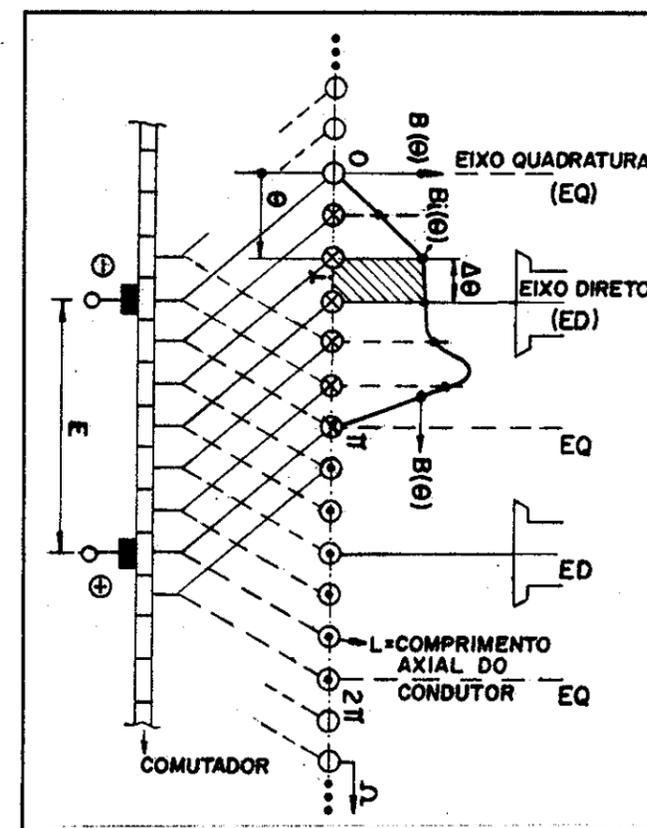


FIGURA 2: Representação retificada de um enrolamento imbricado com 6 condutores por polo, sob uma distribuição de $B(\theta)$

Focalizemos, na figura 2, a bobina cujos condutores do lado esquerdo estejam na posição θ submetidos a $B_i(\theta)$. A f.e.m., e_{ci} , induzida no condutor de ordem i que apresenta comprimento útil L , será

$$e_{ci}(\theta) = B_i(\theta) L v = B_i(\theta) L \Omega \quad (6)$$

A noção do enrolamento pseudo-estacionário das máquinas C.C. é, como se sabe, hipotética. Nas máquinas reais ele tem um comportamento quase pseudo-estacionário, sendo tanto mais perfeito quanto maior o número de bobinas do induzido e de lâminas do comutador. É fácil notar na figura 2 que

somente a cada deslocamento $\Delta\theta$ aplicado aos condutores é que a configuração e a situação do enrolamento se repete. O enrolamento tenderia para o pseudo-estacionário perfeito quando $\Delta\theta$ tendesse para zero (número de condutores e de lâminas tendendo para infinito).

É exatamente durante o percurso $\Delta\theta$ que a f.e.m. induzida, total, na armadura, oscilará ligeiramente em torno do valor médio, dependendo dessa oscilação ("ripple") da forma da distribuição espacial de $B(\theta)$. É fato conhecido, que se $\theta = \Delta t$, a f.e.m. função do tempo, no percurso $\Delta\theta$, terá para o condutor i , a mesma forma de $B(\theta)$ no espaço (3).

$$e_{ci}(t) \Big|_{\Delta t} = B_f(\theta) \Big|_{\Delta\theta} L \Omega r \quad (7)$$

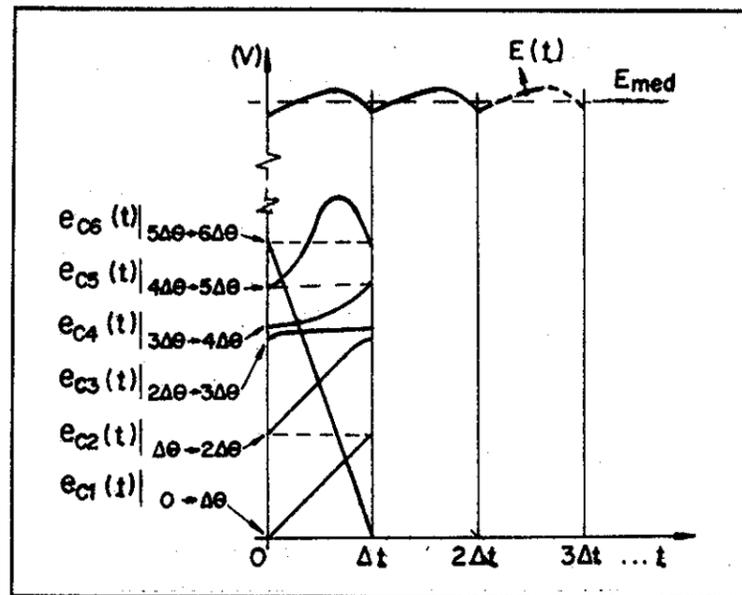


FIGURA 3: Soma gráfica dos $e_{ci}(t)$ para os sucessivos deslocamentos $\Delta\theta$. A escala de f.e.m. (volt) foi escolhida arbitrariamente de modo a coincidir com as ordenadas de $B(\theta)$ da figura 2.

Para os intervalos seguintes tudo se repete devido a propriedade do enrolamento quase pseudo-estacionário. Neste ponto poder-se-ia procurar a solução analítica para $E(t)$. Para isso é necessário o conhecimento das funções $e_{ci}(t)$ para cada condutor, no intervalo Δt , para somá-las e se obter $E(t)$. Para uma forma tão irregular como a de $B(\theta)$ da figura 2 é fácil concluir que, embora o problema seja simples do ponto de vista físico, isso acarretaria uma complexidade matemática de tal ordem que conflitaria com os pontos de vista expostos no sumário e na introdu-

onde:

$$\Delta\theta = \Omega \Delta t$$

Para a distribuição $B(\theta)$ da figura três, a f.e.m. induzida, $E(t)$, entre o par de escovas +/-, durante o percurso $\Delta\theta$, será a soma das f.e.m.

$$e_{ci}(t) \Big|_{\Delta\theta}$$

induzidas nos condutores. Aplicando-se a expressão (7) para cada um dos seis condutores da figura 2 e representando-se cada uma das f.e.m. na figura 3, obtém-se a soma, $E(t)$, no intervalo Δt .

$$e_{cimed} = L \Omega r \left[\frac{1}{\Delta\theta} \int_{\theta}^{\theta + \Delta\theta} B_f(\theta) d\theta \right]$$

$$e_{cimed} = \frac{\Omega}{\Delta\theta} \int_{\theta}^{\theta + \Delta\theta} B_f(\theta) L r d\theta \quad (8)$$

Como $L r d\theta = dS$ é uma área elementar sobre a superfície do induzido, a integral da expressão (8) nada mais é que o fluxo contido na faixa hachurada da figura 3 ou seja, na faixa $\Delta\theta$, e será designado por ϕ_i

$$\phi_i = \int_{\Delta s} B_f(\theta) d s$$

Sob um passo polar existem Z_0 condutores, para os quais valem expressões análogas a (6). Logo, entre o par de escovas +/-, a f.e.m. total será o somatório das e_{cimed} .

$$E_{med} = \frac{\Omega}{\Delta\theta} \sum_{i=1}^{i=Z_0} \phi_i \quad (9)$$

O somatório da (9) é o fluxo por polo, ϕ , de uma máquina que apresente qualquer distribuição de densidade de fluxo $B(\theta)$.

Nota-se também que a faixa $\Delta\theta$ nada mais é que π/Z_0 , para condutores homoganeamente distribuídos. Assim sendo

$$E_{med} = \frac{Z_0}{\pi} \Omega \phi \quad (10)$$

Esse é o valor médio da f.e.m. induzida entre escovas durante o deslocamento equivalente a distância angular entre dois condutores vizinhos. Após se completar esse deslocamento, devido as propriedades do enrolamento quase pseudo-estacionário, a situação dos condutores, sob a distribuição de $B(\theta)$, vai se repetir para os sucessivos $\Delta\theta$, de modo que a expressão (10) fornece o valor médio permanente.

Se o perímetro do induzido contiver $2p$ polos ao invés de 2 polos, a velocidade angular relativa entre condutores e $B(\theta)$ será $p\Omega$, ou, em função da frequência de rotação, $p2\pi n$. Além disso o número de condutores sob um passo polar, Z_0 , será igual a $Z/2a$.

Substituindo-se em (10) tem-se:

$$E_{med} = Z \cdot n \phi \frac{p}{a} \quad (11)$$

que coincide com a expressão (5) e é o valor médio mostrado na composição gráfica da figura 3.

5. Conclusão

Pode-se notar que, durante o transcurso do processo dedutivo, ficou evidenciado:

- a) existência da ondulação na f.e.m. em torno do valor médio,
- b) a propriedade repetitiva do enrolamento quase pseudo-estacionário,
- c) a influência exclusiva do fluxo por polo e não da forma de $B(\theta)$ sobre o valor médio da f.e.m. total e
- d) a sua validade para os enrolamentos distribuídos nas máquinas de C.C.

6. Bibliografia

- [1] GOURISHANKAR, V. — Conversión de Energia Electromecánica — Ed. Representaciones Y Servicios de Ingeniería S.A., Mexico, 1975.
- [2] CLAYTON, A. E. — The Performance and Design of Direct Current Machines, Ed. Sir Isaac Pitman & Sons Ltd., London, 1959.
- [3] FALCONE, A. G. — Eletromecânica, 2ª Vol., 2ª ed., Ed. Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 1985.
- [4] NASAR, S. and Unnewehr L. E. — Electromechanics and Electric Machines, Ed. John Wiley & Sons, Inc., USA, 1983.
- [5] FITZGERALD, A. E., kingsley, Jr., C.; Kusko, A. — Máquinas Elétricas, Ed. Mc. Graw-Hill do Brasil Ltda., São Paulo, 1981.
- [6] KOSTENKO, M. and Piotrovsky, L. — Electrical Machines, Tome 1, Ed. Mir Publishers, Moscou, 1977.

ISSN 0101-5001
Rev. Ensino Eng., São Paulo
7(2): 106-110, 2^a sem. 1988

Interpolação Numérica Através de Segmentos Parabólicos

Hans G. Arens †

ARENS, Hans G. Interpolação numérica através de segmentos parabólicos. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 106-110, 2^a sem. 1988.

Mostra-se dois métodos para se realizar a interpolação numérica entre dois pontos: o primeiro se baseia na ligação dos pontos através de um segmento parabólico simples, e o segundo através de um arco também formado por um segmento parabólico simples, mas que sofreu uma rotação prévia. Esta rotação permite a pré-fixação das tangentes ao arco nos dois pontos.

Interpolação numérica, Método das parábolas.

ARENS, Hans G. Numerical interpolation through parabolic segments. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 106-110, 2^a sem. 1988.

This paper presents two methods of numerical interpolation between two points. The first method is based on the connection between the two points being established through simple parabolic segment and the second through an arc composed of a same kind of segment but which has previously gone through a rotation. This rotation has the advantage that it permits prescribing the tangents of the arc at the end points.

Numerical Interpolation, Method of parabolic segments.

1. Introdução

O desenvolvimento sofrido pelos métodos numéricos, vem provocando uma mudança radical na forma de apresentação das tabelas e dos gráficos que, de uma maneira geral, constam das normas técnicas, catálogos e de um grande número de outras publicações.

De fato, as curvas de desempenho de algumas máquinas (bombas, turbinas, motores, geradores etc...) e os gráficos das normas técnicas de um modo geral, passaram a ser apresentadas frequentemente

através de expressões algébricas, próprias para serem usadas em processos numéricos. Esta apresentação permite expressar a curva de um gráfico, sob a forma de uma equação que, na maioria dos casos, pode ser resolvida através de métodos numéricos elementares. Entretanto, muitas vezes cabe ao próprio engenheiro, a dedução da expressão algébrica que melhor representa uma determinada curva ou a tabela.

Vários são os métodos que permitem a obtenção dessas expressões algébricas. Alguns se baseiam na determinação de uma função matemática que represente a curva em questão da melhor forma possível. Outros atingem o mesmo objetivo através da interpolação numérica realizada entre dois pontos consecutivos tomados sobre a curva considerada, fazendo uso de uma função interpoladora. Esta

função permite então a determinação das coordenadas de qualquer ponto intermediário. Destacam-se:

- a) a Interpolação linear
- b) a Interpolação polinomial
- c) o polinômio interpolador de Lagrange
- d) o polinômio interpolador de Aitken
- e) o método das Splines.

Existem muitos programas de computador, já catalogados, que permitem a obtenção da curva representativa que melhor se ajusta a uma nuvem de pontos, obtidos experimentalmente. É claro que estes mesmos programas podem ser aplicados para a obtenção da curva representativa de um gráfico qualquer.

Muitas vezes porém, o uso destes programas já elaborados pode se mostrar inadequado, obrigando o próprio projetista a escolher o método mais indicado, desenvolver a sua programação, ou até a elaborar um método próprio. É óbvio que neste caso, a escolha do método mais preciso, nem sempre se constitui na melhor opção, pois muitas vezes esta qualidade está aliada a uma certa complexidade analítica e de programação.

O presente artigo pretende fornecer ao estudante de engenharia uma metodologia alternativa, indicada para os casos mais simples de interpolação numérica, e que pode ser usada como primeira opção para a obtenção de uma função interpoladora.

2. O método parabólico.

A forma mais simples de interpolação é a interpolação linear, onde a série de pontos tomada sobre a curva a ser representada, é ligada ponto a ponto por segmentos de reta, formando uma poligonal.

Uma outra forma de grande simplicidade é a ligação por arcos de parábola. Neste caso os coeficientes a , b e c que caracterizam a parábola são determinados de forma a obrigar a curva a passar por dois pontos consecutivos, e a assumir em um deles, uma tangente de valor pré-fixado, lido diretamente da curva representativa.

Evidentemente a tangente no outro ponto não coincidirá com o seu valor correspondente da curva real, provocando então o aparecimento de angulosidades na ligação entre dois arcos vizinhos.

No entanto, estas angulosidades desaparecem, se a ligação de dois segmentos vizinhos for executada através da tangente do segmento precedente, embora esta defira de seu valor real. Em muitos casos, os desvios gerados por esta metodologia não são muito acentuados, justificando o seu uso principalmente devido a grande simplicidade do método.

O segmento de parábola entre os dois primeiros pontos 1 e 2 é então expresso por

$$y = a x^2 + b x + c \quad (2.1)$$

onde os coeficientes a , b e c são determinados resolvendo-se o sistema

$$y_1 = a x_1^2 + b x_1 + c \quad (2.2)$$

$$y_2 = a x_2^2 + b x_2 + c \quad (2.3)$$

$$2 a x_1 + b = m_1 \quad (2.4)$$

onde m_1 é o valor pré-fixado da tangente no ponto 1, que pode ser determinada diretamente da curva considerada, ou numericamente fazendo uso de um ponto auxiliar (0), escolhido na vizinhança do ponto (1). Neste caso

$$m_1 = \left(\frac{dy}{dx} \right)_1 \cong \frac{y(1) - y(0)}{x(1) - x(0)} \quad (2.5)$$

A solução do sistema formado por (2.2) (2.3) e (2.4) fornece

$$a = \frac{1}{x_2 - x_1} \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} - m_1 \right) \quad (2.6)$$

$$b = m_1 - 2 a x_1 \quad (2.7)$$

$$c = y_1 - (a x_1^2 + b x_1) \quad (2.8)$$

O valor de m_2 da tangente no ponto inicial do segundo arco é então calculado através da expressão do primeiro arco e fornece

$$m_2 = 2 a x_2 + b \quad (2.9)$$

O método prossegue com a determinação dos coeficientes a , b e c dos demais arcos de parábola através de (2.6) (2.7) e (2.8).

Evidentemente esta versão do método parabólico, aplicado em sua forma mais simples, apresenta muitas restrições. Entretanto em alguns casos ele pode fornecer ótimos resultados, como por exemplo, na representação das curvas de desempenho de bombas centrífugas e turbinas.

Porém, como só a tangente no ponto inicial assume o valor correto, podem surgir problemas com as tangentes nos demais pontos de ligação. Estes problemas geralmente se caracterizam pela formação de sinuosidades entre alguns pontos, prejudicando sensivelmente os resultados. Neste caso, deve-se recorrer a um artifício para obter um melhor controle da curva. Normalmente este controle pode ser

† Escola de Engenharia de São Carlos — Departamento de Hidráulica e Saneamento 13560 — São Carlos-SP.

obtido através da pré-fixação das tangentes em todos os pontos.

3. O método parabólico com tangentes pré-fixadas

De fato, os resultados serão melhores, se a ligação da série de pontos escolhidos sobre a curva a ser representada, for executada segundo tangentes pré-fixadas nos pontos de interligação.

É evidente que esta condição implica em obter uma parábola que passe por dois pontos distintos, nos quais sua derivada assuma valores pré-fixados.

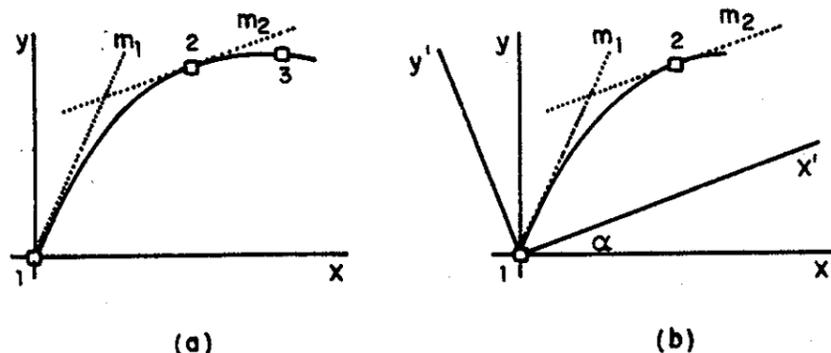


FIGURA.1 a) Os pontos 1,2,3,...,n são ligados por arcos parabólicos; b) A parábola é definida no sistema x'y'. A rotação α permite que ela passe pelos pontos (1) (2) e que apresente nestes pontos as tangentes pré-fixadas m_1 e m_2 .

Se as origens dos sistemas x'y' e xy coincidirem com o ponto (1), tem-se que $x_1 = 0$ e $y_1 = 0$, e a parábola $y' = a x'^2 + b x' + c$ será expressa no sistema xy por

$$A y^2 + B(x) y + C(x) = 0 \quad (3.3)$$

onde

$$n = \text{tg } \alpha \quad (3.4)$$

$$A = \frac{a n^2}{1 + n^2} \quad (3.5)$$

$$B(x) = 2 a n \frac{x}{1 + n^2} + \frac{b n - 1}{\sqrt{1 + n^2}} \quad (3.6)$$

$$C(x) = \frac{a x^2}{1 + n^2} + x \frac{b + n}{1 + n} \quad (3.7)$$

A expressão (3.3) representa então uma parábola que sofreu um giro α no plano xy. Os quatro

coeficientes A B C e n podem ser determinados de tal forma a obrigar a parábola a satisfazer as quatro condições impostas: passar nos pontos (x_1, y_1) e (x_2, y_2) e a assumir nesses pontos as duas tangentes pré-fixadas m_1 e m_2 . Tem-se então

$$A y_1^2 + B(x_1) y_1 + C(x_1) = 0$$

$$A y_2^2 + B(x_2) y_2 + C(x_2) = 0$$

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=x_1} = m_1$$

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=x_2} = m_2$$

o que resulta em

$$n = \frac{x_2(m_1 + m_2) - 2 y_2}{y_2(m_1 + m_2) - 2 x_2 m_1 m_2} \quad (3.8)$$

Isso pode ser conseguido definindo-se um arco de parábola em um sistema relativo x'y', inclinado de um ângulo α em relação ao sistema principal xy, como mostra a figura 1.

Um ponto (x', y') sobre a parábola $y' = a x'^2 + b x' + c$ no sistema x'y', será expresso no sistema (x, y) por

$$x' = (y - y_1) \text{sen } \alpha + (x - x_1) \text{cos } \alpha \quad (3.1)$$

$$y' = (y - y_1) \text{cos } \alpha - (x - x_1) \text{sen } \alpha \quad (3.2)$$

$$a = \frac{\sqrt{1+n^2}}{n y_2 + x_2} \left(\frac{n x_2 - y_2}{n y_2 + x_2} - \frac{n - m_2}{1 + n m_2} \right) \quad (3.9)$$

$$b = \frac{n - m_2}{1 + n m_2} - 2 \frac{n m_2 - y_2}{n y_2 + x_2} \quad (3.10)$$

$$c = 0$$

Os coeficientes A B e C são então determinados por (3.5) (3.6) (3.7) e geram finalmente a parábola

$$y(x) = \frac{1}{2 A} \left(-B + \frac{B}{|B|} \sqrt{B^2 - 4 A C} \right) \quad (3.11)$$

para $x_0 < x < x_1$.

O método parabólico com tangentes pré-fixadas fornece geralmente ótimos resultados. É claro que esses resultados dependem diretamente da pré-fixação criteriosa do valor das tangentes que podem ser lidas diretamente da curva a ser representada, ou calculadas aproximadamente pela expressão

$$m_i = \frac{y_i + 1 - y_i - 1}{x_i + 1 - x_i - 1}$$

O desenvolvimento do algoritmo para a elaboração do programa de computador também não oferece maiores dificuldades, colocando o método ao alcance até de alunos do 2º grau.

4. Um exemplo

Os dois métodos podem ser avaliados através do exemplo numérico que segue. Seja

$$y = f(x) = \frac{\exp(x) - 1}{\exp(x) + 1} \quad 0 \leq x \leq 6$$

a curva a ser expressa através da interligação de arcos de parábola. Pode-se escolher 4 pontos $(x_1 = 0, x_2 = 2, x_3 = 4$ e $x_4 = 6)$ e determinar os 3 segmentos parabólicos que se aproximam da curva considerada.

As coordenadas dos pontos e as suas tangentes serão

- | | | |
|--------------|----------------|---|
| 1) $x_1 = 0$ | $y_1 = 0$ | $\left(\frac{dy}{dx}\right)_1 = 0,5$ |
| 2) $x_2 = 2$ | $y_2 = 0,7616$ | $\left(\frac{dy}{dx}\right)_2 = 0,21$ |
| 3) $x_3 = 4$ | $y_3 = 0,9640$ | $\left(\frac{dy}{dx}\right)_3 = 0,0353$ |

$$4) \quad x_4 = 6 \quad y_4 = 0,9951 \quad \left(\frac{dy}{dx}\right)_4 = 0,0049$$

Para a aplicação da versão simplificada necessita-se apenas do valor da tangente à curva no ponto inicial (1) $m_1 = 0,5$.

Através de (2.6) (2.7) e (2.8) obtém-se para o primeiro segmento parabólico $a_1 = -0,596, b_1 = 0,5, c_1 = 0$.

Como a tangente da primeira parábola no ponto (2) é a condição inicial para a determinação dos coeficientes do 2º segmento, segue que

$$m_2 = 2 a_1 x_2 + b_1 = 0,2616$$

Através de (2.6) (2.7) e (2.8) obtém-se então para o segundo segmento $a_2 = -0,0802, b_2 = 0,5824, c_2 = -0,0824$.

Da mesma forma resulta para o terceiro segmento $m_3 = -0,0592, a_3 = 0,0373, b_3 = -0,3582, c_3 = 1,7988$.

A figura 2 mostra a comparação entre a curva $y = f(x)$ com a curva formada pelos segmentos calculados. Nota-se que, para o valor inicial $m_1 = 0,5$, surgem sinuosidades a partir do ponto (2). Entretanto se m_1 for alterado para $m_1 = 0,58$ nota-se uma sensível melhora, fato que mostra que o método, apesar das restrições inerentes, apresenta uma certa flexibilidade.

O desvio entre o valor teórico e o valor calculado pode ser avaliado pela razão y_c/y , onde y_c é o valor calculado através da função interpoladora e y é o valor real.

A aplicação do método parabólico na sua segunda versão, necessita a fixação do valor das tangentes em todos os pontos. Pela tabela tem-se que

$m_1 = 0,5$	$m_2 = 0,21$
$m_3 = 0,0353$	$m_4 = 0$

Através de (3.8) (3.9) e (3.10) segue que

$n_1 = -0,8547$	$a_1 = -0,5208$	$b_1 = 2,3658$
$n_2 = 4,2907$	$a_2 = -1,1896$	$b_2 = -2,1465$
$n_3 = 7,6514$	$a_3 = -2,8531$	$b_3 = -5,9965$

Com (3.5) (3.6) e (3.7) determina-se a seguir os valores de A e as expressões de B(x) e C(x) que substituídas na (3.11) definem finalmente os 3 segmentos parabólicos.

A figura 3 mostra a comparação entre a curva assim obtida e a curva $y = f(x)$. Evidentemente o ajuste obtido é bem superior ao obtido pelo método simplificado.

5. Conclusão

O método parabólico, nas suas duas versões, se constitui de fato em uma ferramenta simples e

poderosa, que auxilia o estudante de engenharia a elaborar seus próprios programas de interpolação numérica. Mesmo na sua versão mais simples fornece ótimos resultados, principalmente na obtenção das expressões algébricas de curvas de desempenho de bombas e turbinas e motores em geral. A versão mais desenvolvida também não oferece dificuldades ao projetista, pois o tratamento analítico é muito sim-

ples, ao alcance portanto de qualquer aluno dos cursos de engenharia.

6. Bibliografia

STARK, PETER A. "Introdução aos métodos numéricos" Editora Interciência — Rio de Janeiro 1984

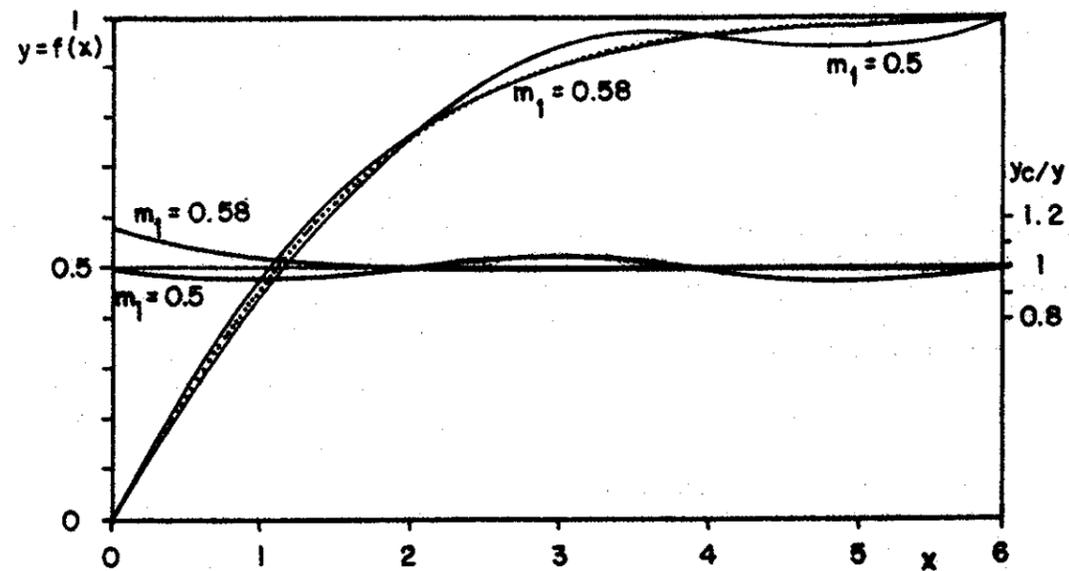


FIGURA.2 Aplicação do método parabólico na sua versão mais simples

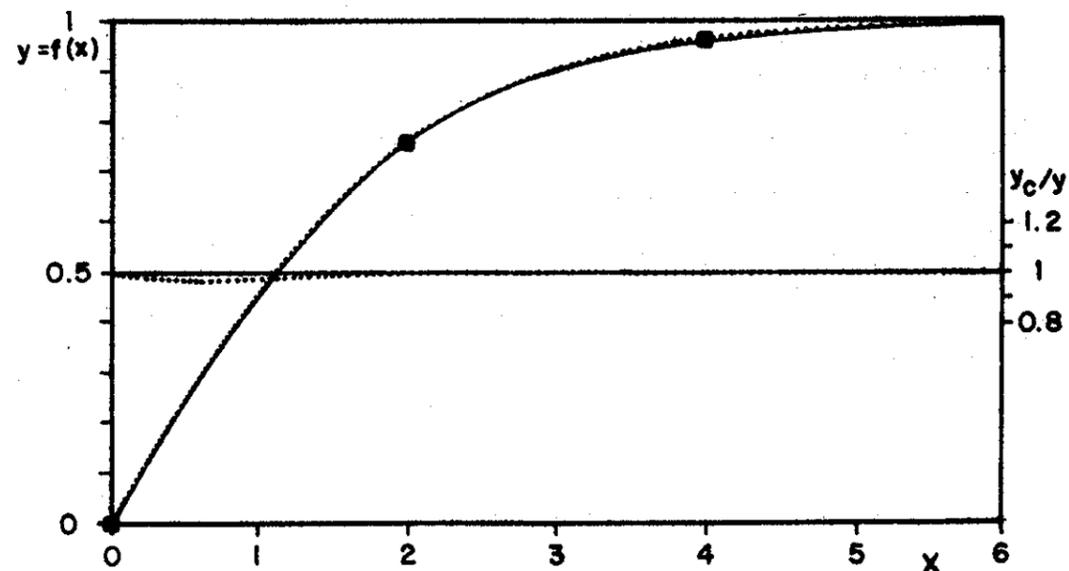


FIGURA.3 Aplicação do método parabólico na sua versão mais elaborada onde os arcos de parábola passam pelos pontos 1 2 e 3 segundo tangentes pré-fixadas.

Organizadores Avançados de Física para Alunos Recém Ingressados nos Cursos de Engenharia do ITA

Baptista Gargione Filho †

FILHO, Baptista Gargione. Organizadores avançados de física para alunos recém ingressados nos cursos de engenharia do ITA. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 111-113, 2ª sem. 1988.

Tendo em vista que a grande maioria dos estudantes, recém ingressados nos cursos superiores, não possui experiência de trabalhos práticos, objetivou-se induzi-los a uma participação ativa na maneira de trabalhar dos cientistas conhecida como o método científico, dando-se especial atenção à aprendizagem por redescoberta.

Ingressantes, método científico, laboratório de física

FILHO, Baptista Gargione. Advanced Organizers for the Physics Course for Freshman Engineering Students at ITA. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 111-113, 2ª sem. 1988.

Usually, students enter the universities with no previous experience in laboratory work. Considering this a pedagogical method has been introduced in which the students are induced to "rediscover" mathematical relations, satisfied by physical quantities.

Freshman, scientific method, physics laboratory.

1. Introdução

A demanda de educação em nosso país tem sido crescente e está a exigir a adoção de novas medidas e soluções para o efetivo atendimento de uma massa cada vez maior da população estudantil, obrigando a levar-se em conta não apenas o aspecto quantitativo, mas sobretudo o qualitativo.

As tecnologias educacionais pelas suas características, apresentam-se como uma das formas de atendimento ao problema.

† ITA — São José dos Campos — SP

Este trabalho visou ensinar aos jovens alunos de física, recém ingressados nos cursos de engenharia do ITA, a maneira de trabalhar dos cientistas, comumente denominado de "o método científico". Partimos de um pressuposto da teoria da instrução de Bruner [1] segundo a qual se apresentarmos a um jovem algum tipo de instrução que corresponde à linguagem do desenvolvimento que ele esteja atravessando, ele será capaz de aprendê-lo, de alguma forma.

No planejamento dos pacotes instrucionais, com centro de aprendizagem no aluno, objetivou-se um enfoque sistemático através do qual procurou-se identificar necessidades, selecionar problemas, requisitos e alternativas para a solução destes problemas, escolher métodos e meios adequados, e,

finalmente, avaliar e revisar os resultados, tudo baseado nas pesquisas de aprendizagem humana.

Creemos que através destes pacotes instrucionais com enfoque sistemático, será um pouco mais fácil ao professor propor modificações nos planos educacionais evitando não só, a improvisação e a rotina, como também a aquisição indiscriminada de equipamentos de alto custo que, num grande número de casos, estão se tornando peças de museus de equipamentos científicos modernos.

finalmente, procurou-se propiciar a estes jovens, um ambiente aberto para o desenvolvimento intelectual de modo a permitir o desabrochar e o cultivo dos meios necessários a uma perfeita integração com os colegas e professores, afastando o medo tão comum entre os jovens recém chegados.

2. Materiais e métodos

Para que o aluno aprendesse a maneira de trabalhar dos cientistas foram projetados quatro organizadores avançados, segundo Ausubel, cuja função principal era a de estabelecer uma ponte entre o que o aprendiz já conhece e aquilo que ele precisa conhecer. Três deles estavam ligados ao domínio de certas técnicas para quem deseja "fazer física". São eles: "Observação e medição", "Escalas e gráficos" e "Como manejar dados experimentais". Estes materiais foram desenvolvidos com o intuito de desafiar os estudantes bem dotados sem contudo destruir a confiança e o desejo de aprender dos menos afortunados.

No "fazer física" [2] recorreremos aos métodos ativos dando especial atenção à pesquisa espontânea do estudante, exigindo-se que toda a verdade a ser adquirida fosse reinventada pelo aluno, ou pelo menos reconstruída e não simplesmente transmitida. Por isso se chamou a quarta unidade de "redescobrimos leis físicas".

Aqui o professor é considerado um animador para criar situações e armar os dispositivos iniciais capazes de suscitar problemas úteis ao estudante, e para organizar contra-exemplos que levem à reflexão. O professor deixa de ser um conferencista e passa a estimular a pesquisa e o esforço, ao invés de se contentar com a simples transmissão de soluções já prontas. Os métodos ativos de ensino conferem uma parte cada vez maior a atividade e tentativas dos alunos baseadas no fato que uma experiência que seja realizada pela própria pessoa, com plena liberdade de iniciativa, deixa de ser, por definição, uma experiência, transformando-se em simples adestramento, destituído de valor formador por falta de compreensão suficiente dos pormenores das etapas

sucessivas. O princípio fundamental dos métodos ativos, assim pode ser expresso: "compreender é reinventar" ou "reconstruir através da reinvenção". Um dos experimentos propostos foi "redescobrir o comportamento dos sólidos" onde se pedia para determinar a lei física que rege o comportamento de sólidos quando submetidos à ação de forças. O sólido é uma haste metálica que tem uma extremidade livre onde estas forças são aplicadas.

Queda dos corpos, conservação da quantidade de movimento, determinação da aceleração da gravidade através de um pêndulo simples, dilatação linear de sólidos, calor específico de sólidos, análise de movimentos através de um filme dentre outras, são inúmeras situações experimentais estudadas.

finalmente, chamou-nos à atenção o fato que muitos estudantes são suficientemente hábeis para compreender a matéria estudada, porém não são capazes de transmitir seus conhecimentos e suas idéias de modo eficiente. Necessitavam, via de regra, de auxílio em sua redação, mais do que novos esclarecimentos acerca dos assuntos que estão estudando.

Não basta ensinar Ciências aos estudantes. Precisamos também ajudá-los a serem eficientes na sua futura profissão. Há uma certa ironia no fato de ensinarmos nossos estudantes de engenharia por exemplo, a utilizarem certos instrumentos e técnicas, alguns dos quais talvez nunca venham a empregar na vida profissional, e, no entanto, se não os ensinarmos a escrever exatamente aquilo que precisarão fazer diariamente como estudantes e como futuros engenheiros [3]. Foi por essa razão que introduzimos o relatório como uma das metas básicas da investigação. Este relatório deveria constar um título, nome do autor, nome e endereço da entidade responsável pelo relatório, dia em que foi concluído, introdução ou objetivos, materiais e métodos, resultados, discussão, resumo, agradecimentos e referências bibliográficas.

Finalmente, ao se chegar no terceiro bimestre de curso, notamos que a motivação havia decrescido e, então, como um novo desafio, introduzimos a "experiência optativa" onde o aluno nas últimas quatro semanas deveria projetar, montar e realizar uma experiência nova sobre um assunto da sua escolha. O resultado foi maravilhoso! A criatividade de alguns nos surpreenderam, verdadeiramente!

3. Avaliação

Os alunos foram sempre submetidos a pré-teste (função diagnóstica) e pós-teste (função de controle) em cada unidade.

O pré-teste da unidade "observação e medição"

consistia de um triângulo inscrito a um semi-círculo. O estudante, com o auxílio de uma régua milimetrada e de um paquímetro, deveria medir, na unidade metro, cada um dos lados do ΔABC , a altura e a espessura e , posteriormente, calcular a área do ΔABC em metros quadrados e o volume deste triângulo em m^3 . Impulsa-se a seguinte regra do jogo: o trabalho era individual e não era permitido uso da máquina de calcular. Todos os cálculos deveriam ser feitos na folha de papel fornecida.

Além dos pré-testes tínhamos uma ficha de avaliação do material impresso, uma ficha de avaliação da unidade de estudo pelo aluno e uma ficha de avaliação do aluno professor.

4. Resultados e discussão

Os resultados dos pré-testes mostraram que os alunos, na quase totalidade, não traziam os conhecimentos sobre medidas e, mesmo os que tinham uma certa noção, estas eram bastante distorcidas. O que chamou a atenção foi o fato de que a maioria dos alunos não utilizaram a notação científica nas medidas e ao efetuarem as quatro operações o faziam de maneira pouco recomendável.

Nas medidas dos lados do ΔABC escreveram:

$$a \cong 0,099 \text{ m em lugar de } 9,9 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$b \cong 0,057 \text{ m em lugar de } 5,7 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$c \cong 0,114 \text{ m em lugar de } 1,14 \times 10^{-1} \text{ m}$$

$$h \cong 0,049 \text{ m em lugar de } 4,9 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$e \cong 0,0033 \text{ m em lugar de } 3,3 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Isto quando mediam corretamente!

Os resultados das áreas e do volume apareceram, por exemplo, como:

$$A \cong 0,00283290 \text{ m}^2 \text{ em lugar de } 2,8 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$V \cong 0,00009948570 \text{ m}^3 \text{ em lugar de } 9,9 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Muitos alunos nem mesmo conseguiram medir corretamente com a régua milimetrada e o paquímetro muitos nos disseram nunca ter visto!

Após trabalharem com a unidade *observação e medição* durante três semanas, foi aplicado um pós-teste. Em média, de uma turma de trinta e dois alunos, cerca de quarenta por cento ficaram retidos na unidade. No pós-teste aplicou-se o mesmo exercício do pré-teste em que o triângulo apresentava um furo grande central.

Outro fato interessante foi que a não utilização da máquina de calcular trouxe um grande desconforto para muitos e até mesmo a revolta de uns poucos.

Os alunos aprovados na primeira unidade *observação e medição* iniciaram a unidade sobre escalas e gráficos; os alunos retidos na unidade

permaneceram estudando a unidade. Eles ficaram tão chocados por terem de reestuda-la e, reagiram com uma vontade extraordinária utilizando todos os horários disponíveis para prepara-la melhor e não fracassaram mais!

Na unidade escalas e gráficos o pré-teste mostrou um desconhecimento ainda maior dos alunos. Despreparo geral, diríamos. Não traziam conhecimento completo, nem mesmo em gráficos lineares. A duração desta unidade foi de quatro semanas. Os alunos, sempre que tinham folga, vinham ao laboratório trabalhar; a motivação era realmente muito grande.

Aplicado o pós-teste o resultado acusou cerca de 30% dos alunos retidos na unidade. Esta era uma unidade mais difícil e trabalhosa

Até aqui os alunos anotavam tudo no seu caderno de *lab*. Não havia ainda o relatório, o qual só foi introduzido na quarta unidade de estudo, onde os assuntos eram: os cientistas precisam escrever e redescobrimos o comportamento dos sólidos. Seguiu-se depois uma série de redescobertas programadas, inclusive a análise de um filme. Os resultados foram agora animadores. A aprendizagem, finalmente se realizava!

A última unidade trabalhada pelos alunos foi "como manejar dados experimentais", e apesar da complexidade do assunto não apresentou dificuldades, mercê da aprendizagem anterior. Aqui se permitiu o uso de máquinas de calcular e até se incentivou o seu uso corrente. A adaptação dos alunos tornou-se uma realidade!

5. Comentários

Grande parte dos bons resultados obtidos se deveu ao fato de que todo o material instrucional foi apresentado impresso evitando-se, dessa forma, a improvisação tão comum em nossos dias. Tomou-se muito cuidado com a qualidade da impressão.

O que chamou atenção quanto à experiência optativa foi que um grande número de alunos mostrou muito interesse pelo ensino por micro computador. Uma boa parte já trazia estes conhecimentos realizados através de cursos rápidos. Inúmeros novos programas foram produzidos.

6. Referências

- [1] BRUNER, JEROME S. — The process of education Cambridge: Harvard U., Pr. — 1960
- [2] ARAUJO e OLIVEIRA, J. B. — Tecnologia Educacional — Ed. Vozes — 1978
- [3] BARRAS, ROBERT — Os cientistas precisam escrever — Editora da USP — 1979

O Significado do Projeto Final para o Curso de Engenharia Cartográfica

João Fernando Custódio da Silva †

SILVA, João Fernando Custódio da. O significado do projeto final para o curso de engenharia cartográfica. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 114-116, 2ª sem. 1988.

O Estágio Supervisionado e o Projeto Final são instrumentos para introduzir e aproximar o aluno da prática profissional. No curso de Engenharia Cartográfica o Projeto Final é um conjunto de atividades multidisciplinares praticadas pelos alunos-formandos, supervisionados por uma equipe de professores. Os objetivos do Projeto vão da complementação do conhecimento teórico-prático à colaboração da turma quintanista em projetos de maior envergadura. A metodologia consiste em planejar e usar os equipamentos disponíveis para a solução de problemas. A apresentação e defesa do Projeto Final é feita perante banca examinadora. Até 1987, inclusive, todos os 124 engenheiros cartógrafos formados pelo IPEAPP/UNESP se utilizaram deste instrumento. Muitos alunos hoje atuam em áreas relacionadas àquela que praticaram durante o Projeto Final.

Engenharia Cartográfica, Projeto Final, Projeto de mapeamento, Ensino de Engenharia.

SILVA, João Fernando Custódio da. The meaning of capstone project for the cartographic engineering course. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 114-116, 2ª sem. 1988.

The supervised Training and the Capstone Project are used to introduce and approximate the students to the professional practice. In the Cartographic Engineering Course, the Capstone Project is a set of multidisciplinary activities practiced by senior year students, advised by a team of instructors. The objectives of the project range from the complement of theoretic-practical knowledge to the collaboration in greater projects of the Department of Cartography. The methodology consists in planning and using the available equipment for solution of problems. The Capstone Project is presented to a board of examiners. Up to 1987, all the 124 cartographic engineers graduated by IPEAPP/UNESP have worked in such projects. Nowadays, many of them act in areas related to those they worked with during the Capstone Project.

Cartographic Engineering, Capstone Project, Mapping Project, Engineering Teaching.

† Professor Assistente Doutor — Departamento de Cartografia, Instituto de Planejamento e Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista — Presidente Prudente — SP. Cx. Postal, 957 CEP: 19060.

1. Introdução

O início da prática profissional do engenheiro recém-formado por vezes é prejudicada pela ausência de oportunidades de treinamento específico, enquanto aluno na universidade. O Estágio Supervisionado, tão comum nos cursos (currículos) de engenharia, veio como uma solução para aproximar o estudante do mercado de trabalho. Contudo, isto não é o bastante, porquanto algumas qualidades do indivíduo podem não ser solicitadas durante o estágio. Por exemplo, iniciativa e criatividade podem permanecer inativadas, dependendo das condições em que se desenvolvem as atividades no local do estágio.

Alguns cursos propõem como solução complementar a "disciplina" de projeto, a qual assume características próprias de acordo com a especificidade de cada curso. Como exemplo, citam-se BRADASCHIA [1], RAIZER NETO [3].

No curso de Engenharia Cartográfica do IPEAPP/UNESP, o Projeto Final atualmente é visto não exatamente como uma disciplina, mas como um conjunto de atividades multidisciplinares planejadas e executadas por uma equipe de alunos assessorados por uma equipe de professores. O perfil do engenheiro-cartógrafo (FERRI [2]), entre outras coisas, é considerado ao estabelecerem-se os objetivos.

2. Objetivos

- 2.1 Aproximar os alunos das condições em que se desenvolvem os trabalhos de campo e de laboratórios.
- 2.2 Complementar o conhecimento adquirido em sala de aula, associando teoria e prática.
- 2.3 Planejar atividades para fazer interagir as disciplinas, visando o caráter multidisciplinar do Projeto Final.
- 2.4 Possibilitar aos alunos desenvolver e adquirir qualidades e habilidades, tais como: iniciativa, engenhosidade, versatilidade, conhecimento, organização, cooperação, equilíbrio emocional, etc.
- 2.5 Dotar o IPEAPP/UNESP de infra-estrutura técnico-científica para atender ao ensino, pesquisa e extensão de serviços à comunidade.

Os objetivos acima são permanentes e voltados principalmente para o aluno. Entretanto, o último apresenta-se com conotações distintas dos anteriores, tanto no aspecto material, quanto no aspecto

temporal. Veja-se que a infra-estrutura fica no campus, enquanto que o estudante leva consigo a experiência. O aluno participa uma vez apenas do Projeto Final, mas este, por sua vez, terá a participação de quintanistas de várias turmas ao longo do tempo.

3. Materiais e métodos

A atuação das turmas do 5º ano de Engenharia Cartográfica no Projeto Final consiste em planejar, executar, documentar e relatar as atividades sob sua responsabilidade.

As operações de campo têm sido executadas na Fazenda Lajeado da UNESP, campus de Botucatu-SP, em local denominado de Área Teste de Botucatu. As demais atividades são desenvolvidas no campus de Presidente Prudente-SP.

As operações de campo consistem de determinações astronômicas, poligonações geodésicas, redes de nivelamento, irradiamentos e triangulações topográficas, para determinar coordenadas de pontos a serem utilizados posteriormente como apoio à Aerofotogrametria (calibração de câmaras, triangulações e restituições).

As etapas de planejamento, cálculos (computação), análise e interpretação dos resultados e elaboração do relatório final são feitas no campus de Presidente Prudente.

Devido às limitações de alojamento para os alunos e professores no campus de Botucatu, a turma é geralmente dividida em dois grupos, os quais se subdividem em equipes para melhor desempenhar suas tarefas.

O equipamento utilizado no Projeto Final é composto de teodolitos, níveis, distanciômetros e demais acessórios; instrumentos de restituição fotogramétrica e coordenatógrafos; micro-computadores; mapas, fotos aéreas e relatórios anteriores; viaturas: caminhonetes e Kombis.

O pessoal de apoio é recrutado do corpo de funcionários do IPEAPP. O apoio logístico têm sido proporcionado pelos campi de Presidente Prudente e Botucatu.

Concluído o Projeto Final, após um total de 210 horas equivalendo a 14 créditos, a turma o apresenta e defende perante uma banca examinadora composta por cinco professores. A apresentação consiste de relatório técnico e exposição oral. Em seguida, os alunos são argüídos pelos membros da banca. Os itens avaliados são: qualidade do trabalho, engenhosidade, cumprimento das tarefas, iniciativa, conhecimento e exposição.

1. Significado

Os objetivos apresentados no item 2 por si só expressam o significado do Projeto Final para o Curso de Engenharia Cartográfica. Contudo, uma interpretação resumida faz-se necessária: o projeto é visto como um meio de propiciar aos alunos treinamento teórico-prático integrado, de caráter multidisciplinar, antes que eles deixem a universidade; com o fim de lhes proporcionar mais conhecimentos e, conseqüentemente, maior segurança para enfrentar os desafios que surgirão.

Para o cumprimento dos objetivos, o Departamento de Cartografia e o IPEAPP vêem-se diante de consideráveis dificuldades, por exemplo: custos elevados e recursos limitados, eficiência do apoio logístico face à distância entre os campi de Presidente Prudente e Botucatu (aproximadamente 380 Km).

Desde 1982 até 1987, inclusive, um total de 124 engenheiros cartógrafos foram graduados pelo IPEAPP. Todos eles passaram pelo Projeto Final. O número médio de formandos por turma é 17,7 (desvio-padrão = 5,8), o número máximo 28 (1985) e o mínimo 11 (1987).

Os projetos até aqui realizados foram:

Turma 82. Plano de vôo; poligonização e triangulação geodésica; reconhecimento global; monumentação de marcos; sinalização; vôo fotogramétrico — (realizado pela Força Aérea Brasileira).

Turma 83. Planejamento e reconhecimento para transporte e coordenadas a partir da Rede Geodésica Fundamental; monumentação de marcos de alta precisão; transporte de coordenadas de alta-precisão; perenização dos alvos; poligonização de alta precisão.

Turma 84. Levantamento de pontos para controle suplementar, sinalização; novo vôo fotogramétrico (FAB novamente).

Turma 85. Levantamento de pontos para controle suplementar em uma pequena área para fins de restituição estereoscópica.

Turma 86. Nivelamento geométrico de alta precisão, continuidade do controle suplementar; poligonização geodésica de precisão com o IBGE; determinação de um ponto de Laplace (realizado pelo IBGE).

Turma 87. Monumentação e levantamento de pontos de controle em uma pequena área para calibração de câmaras fotogramétricas (72 pontos em uma área de 3 km²).

5. Conclusão

A inserção do Projeto Final do Curso de Engenharia Cartográfica na Área Teste de Botucatu possibilita aos alunos-formandos trabalhar em condições próximas da realidade profissional para desenvolver e adquirir qualidades e habilidades.

A considerável distância entre os campi de Presidente Prudente e Botucatu tem sido um elemento complicador para a administração e supervisão do Projeto Final.

Parece recomendável reorientar o Projeto Final, desvinculando-o paulatinamente da Área Teste de Botucatu, contudo sem perder de vista seu significado para o curso de Engenharia Cartográfica do IPEAPP/UNESP.

O autor sugere que, dentro do possível, haja mais de um tópico por turma para ser desenvolvido no Projeto Final. Ao fim dos trabalhos, antes da defesa perante a Banca Examinadora, os grupos apresentariam seus tópicos para os colegas e demais professores do departamento na forma de seminários. Em certo sentido, isto pode ser entendido como uma pré-defesa e poderia ser benéfico para os engenheirandos, pois funcionaria como uma primeira avaliação das soluções propostas no projeto.

6. Referências bibliográficas

- [1] BRADASCHIA, C. *Disciplina de projetos metalúrgicos: uma experiência em desenvolvimento*. — Rev. Ensino Eng., São Paulo, 3 (2): 103-207, 2º sem. 1984.
- [2] FERRI, L. M. G. C. *Elaboração e desenvolvimento do Plano de ensino da disciplina de Administração: uma experiência no Curso de Engenharia Cartográfica da UNESP*. — Rev. Ensino Eng., São Paulo, 3 (2): 109-112, 2º sem. 1984.
- [3] RAIZER NETO, E. *Pontos de vista sobre a matéria "projetos" do currículo de Engenharia Química*. — Rev. Ensino Eng., São Paulo, 5 (2): 194-200, 2º sem. 1986.
- [4] REVISTA DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA: *10 anos da UNESP* — Presidente Prudente. (Centro de Estudos de Engenharia Cartográfica). Presidente Prudente, SP - Brasil, 1987.

Síntese de Sinais Aleatórios Estacionários

Marcelo Agra Ramos

RAMOS, Marcelo Agra. Síntese de sinais aleatórios estacionários. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 117-120, 2º sem. 1988.

Um método heurístico para a análise de sinais aleatórios estacionários é apresentado. A metodologia ensina o aproveitamento mais eficiente da carga horária de disciplinas básicas de telecomunicações de cursos de graduação em engenharia elétrica.

Sinais, Aleatórios, Estacionários, Ensino, Eficiência.

RAMOS, Marcelo Agra. Stationary Random Signal Synthesis. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(2): 117-120, 2º sem. 1988.

A heuristic method for analysis of stationary random signals is presented. The main goal of the approach is to increase the efficiency of class work of basic undergraduate courses of electric engineering.

Signals, Random, Stationary, Teaching, Efficiency.

1. Introdução

Sinais aleatórios são funções do tempo de duração infinita e valor futuro incerto, isto é, não-determinístico. Os métodos da análise harmônica clássica não podem ser aplicados diretamente a esses sinais, em virtude de os mesmos não satisfazerem a condição necessária (mas não suficiente) para a existência da transformada de Fourier, ou seja, a integrabilidade em módulo. A não-previsibilidade do valor futuro faz com que os sinais aleatórios se enquadrem na classe de funções de duração infinita que são de módulo não-integrável e não têm transformada de Fourier (a função constante, por exemplo, que modela um sinal

† Professor do Departamento de Engenharia Elétrica do CCT-UFPb

de corrente contínua, apesar de ter duração infinita e ser de módulo não-integrável, tem transformada de Fourier, que pode ser determinada por cálculo de limites, em virtude de seu valor futuro ser determinístico).

A aplicação da análise harmônica no tratamento matemático de sinais aleatórios é feita com apoio de métodos probabilísticos e mediante emprego de hipóteses simplificadoras, entre as quais se destaca a de estacionariedade. A combinação desses métodos é denominada análise harmônica generalizada.

2. O conceito de estacionariedade estatística

Duração infinita é uma idealização matemática aplicada a funções do tempo que têm valor diferentes de zero no passado, presente e futuro. Um gerador de ruído branco indefinidamente ligado

forneceria em seus terminais um sinal aleatório. Esse sinal poderia ser dividido em partes que representariam intervalos de tempo do sinal gerado por um gerador ou por vários geradores de ruído simultaneamente ligados. O conjunto desses sinais é

denominado "ensemble" do processo aleatório (fig. 1). Cada função do "ensemble" é denominada *função amostra*.

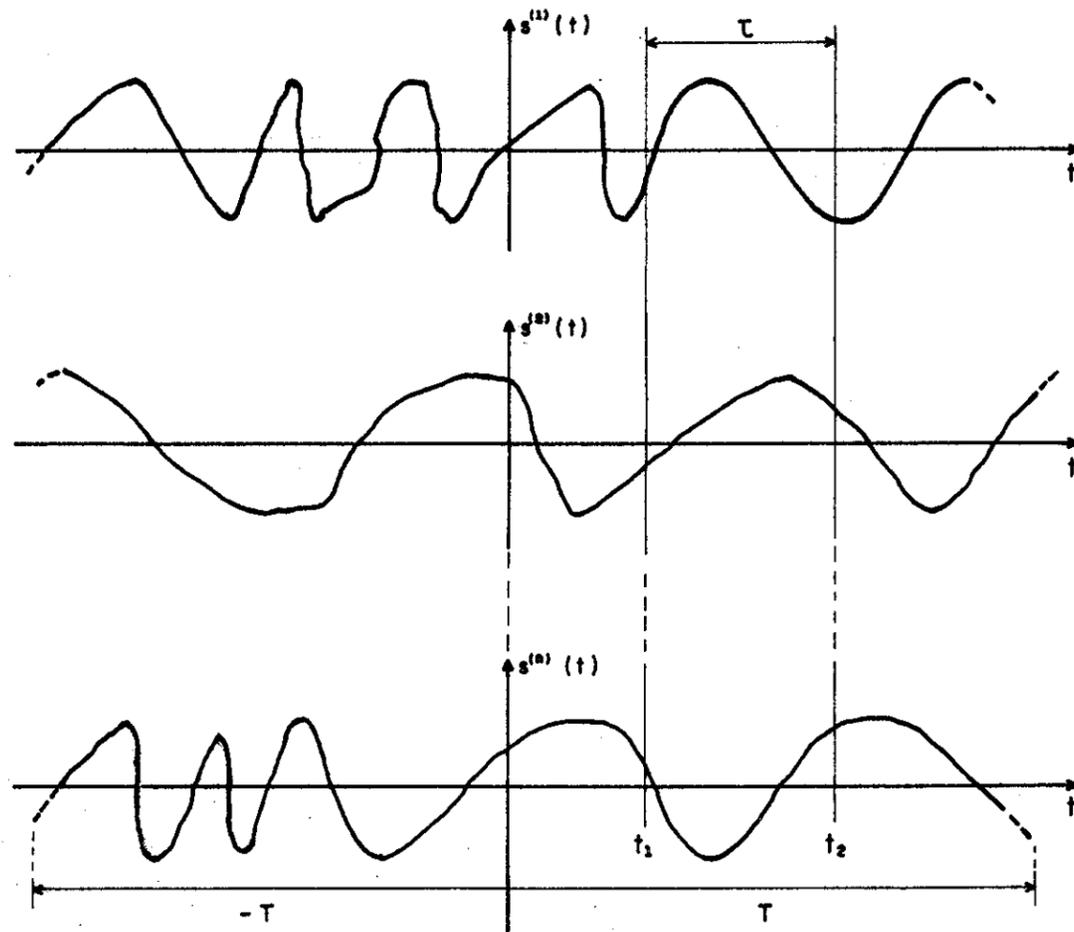


Figura 1: "Ensemble" de um processo aleatório estacionário

Em um processo aleatório *estacionário*, as funções amostras têm formas de onda significativamente diferentes, mas todas têm a mesma média, \bar{s} , isto é,

$$\bar{s} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T s(t) dt \quad (1)$$

é igual para todas as funções amostras.

O ensemble da fig. 1 sugere um processo aleatório estacionário, pois as funções amostras tendem a ter a mesma média (zero) quando $T \rightarrow \infty$ e

∞ . A função amostra da fig. 2 pertence a um processo aleatório não-estacionário, pois apesar de a média permanecer aproximadamente constante e igual a zero nos intervalos $[t_1, t_2]$ e $[t_3, t_4]$, no intervalo $[t_2, t_3]$ tem valor aproximadamente igual a um. Os sinais gerados por geradores de ruído branco são estacionários; por outro lado, em sistemas de microondas em visibilidade, localizados próximos à áreas litorâneas, os sinais recebidos por antenas exibem comportamento não-estacionário ao amanhecer e ao entardecer, devido à ocorrência de desvanecimentos de altas profundidades.

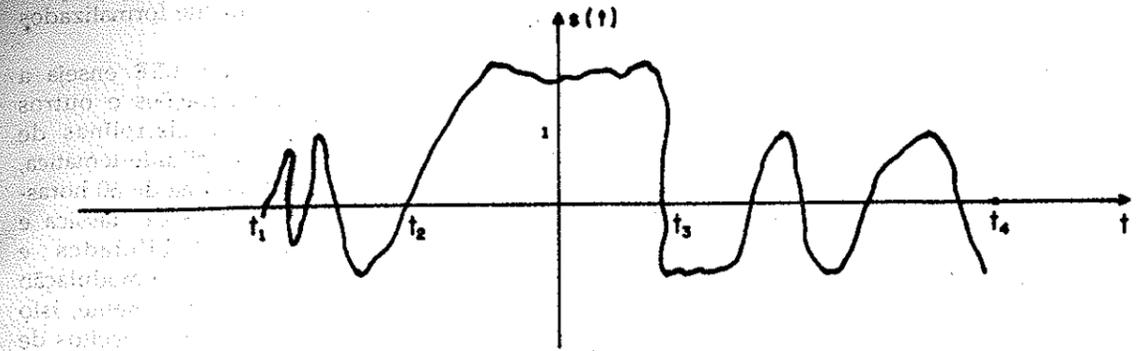


Figura 2: Função amostra de um processo aleatório não-estacionário.

3. Os processos aleatórios ergódicos

O cálculo da média não pode ser efetuado pela eq. 1, pois a imprevisibilidade do valor futuro de $s(t)$ inviabiliza a sua determinação analítica. Para se calcular esse parâmetro recorre-se a métodos probabilísticos.

Como as funções do ensemble do processo aleatório estacionário têm a mesma média, infere-se que suas amplitudes são iguais, exceto pela ordem com que aparecem. Se o ensemble tem infinitas funções amostras, pode-se inferir que, em um instante t , as amplitudes de uma função amostra em diferentes instantes de tempo, exceto pela ordem com que essas amplitudes aparecem. Os processos aleatórios estacionários que têm essa propriedade são denominados de *ergódicos*.

A média probabilística das amplitudes das funções amostras em um instante t qualquer é dada por:

$$\bar{s} = \int_{-\infty}^{\infty} s f(s) ds \quad (2)$$

onde $f(s)$ é a função densidade de probabilidade da variável aleatória s (amplitude das funções amostras no instante t). Essa média é igual à média da eq. 1, fundamentalmente pelo fato de o processo ser ergódico.

O cálculo da média pela eq. 2 é exequível, pelo fato de se poder estabelecer a função densidade de probabilidade, $f(s)$, através de medidas empíricas.

4. A função de autocorrelação

Outra média de bastante interesse é dada pela função de auto correlação (eq. 3). Essa função fornece

a média do produto das amplitudes de uma função amostra em dois instantes de tempo t_1 e t_2 , separados de τ unidades de tempo; ao contrário da média da eq. 1 (que é constante), esse tipo de média é função da separação t .

$$R(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T s(t) s(t + \tau) dt \quad (3)$$

Tal como a média anterior, a média fornecida pela função de autocorrelação, $R(\tau)$, não pode ser determinada pela eq. 3, pelo fato de não se conhecer a expressão analítica de $s(t)$. Sua determinação é feita por métodos probabilísticos (eq. 4).

$$R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} s_1 s_2 f(s_1, s_2) ds_1 ds_2 \quad (4)$$

onde $f(s_1, s_2)$ é a função densidade de probabilidade associada das variáveis aleatórias s_1 e s_2 — amplitudes de uma função amostra nos instantes t_1 e t_2 (a integral dupla é usada por se estar manipulando duas variáveis, s_1 e s_2 ; convém mencionar que, para simplificar os cálculos, supõe-se geralmente que as variáveis s_1 e s_2 são independentes, a fim de se calcular $f(s_1, s_2)$ pelo produto das densidades marginais $f(s_1)$ e $f(s_2)$; em geral, a hipótese de independência estatística dessas variáveis é perfeitamente aceitável).

Apesar de as funções amostras terem duração infinita e valor futuro incerto, a função de autocorrelação é aperiódica, tem valor futuro determinístico e é a mesma para todas as funções do ensemble, em decorrência da hipótese de estacionariedade.

A aperiodicidade e a previsibilidade do valor futuro fazem com que a função de autocorrelação seja de módulo integrável e tenha, portanto, transformada de Fourier, dada por:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R(\tau) e^{-j2\pi f\tau} d\tau \quad (5)$$

onde f é a frequência e $S(f)$ é a função densidade espectral de potência de $s(t)$.

O significado de $S(f)$ é o seguinte: sua integral de $-\infty$ a ∞ , no domínio f , fornece a potência de $s(t)$, isto é,

$$P = \int_{-\infty}^{\infty} S(f) df \quad (5)$$

onde P é a potência.

5. Conclusão

O cálculo da potência de sinais aleatórios estacionários é feito através da função de autocorrelação, que é determinística, transformada de Fourier e é obtida por métodos probabilísticos. Já para os sinais determinísticos de duração finita (transientes) ou infinita (periódicos), que têm transformada e série de Fourier, respectivamente, os cálculos da energia, dos primeiros, e da potência, dos segundos, pode ser feito através da função de autocorrelação (que é obtida por métodos determinísticos) ou diretamente, mediante a aplicação do teorema de Parseval nos respectivos espectros.

O procedimento para o cálculo da potência de sinais aleatórios estacionários apresentado nesse trabalho foi testado na disciplina "Sistemas de Comunicações", do curso de graduação em engenharia elétrica da Universidade Federal da Paraíba, e é baseado na metodologia desenvolvida por LEE [1]. Essa disciplina tem como pré-requisito a disciplina "Princípios de Comunicações", cujo livro texto básico "Communication Systems" por LATHI [2].

O livro de LATHI, cuja utilização em disciplinas básicas de cursos de graduação em engenharia elétrica já justificou uma tradução para o português, apresenta uma abordagem determinística para os sistemas de modulação analógicos e digitais mais

usuais. Esse enfoque deixa os alunos um tanto quanto traumatizados quando são submetidos, pela primeira vez, a textos medianamente formalizados sobre sinais aleatórios [3].

A abordagem heurística de LEE enseja a supressão de detalhes, demonstrações e outros formalismos desnecessários em disciplinas de graduação e, sem sacrifícios à amplitude temática, permite acomodar, em uma disciplina de 60 horas-aula, tópicos sobre análise harmônica clássica e generalizada, teoria das probabilidades e otimização da recepção em sistemas de modulação analógicos e digitais [4]. Fundamentalmente, isto deve-se ao fato de Lee introduzir os conceitos de estacionariedade e de função de autocorrelação, em conexão com os conceitos de médias temporais e estatísticas, que já são mais familiares aos alunos.

O aumento da eficiência na ministração da disciplina "Sistemas de Comunicações" do curso de graduação em engenharia elétrica da UFPb vai de encontro ao tema abordado pelo autor em outro trabalho ou seja, a redução da carga horária dos cursos de graduação em engenharia [5]. A expectativa do autor é que a pequena contribuição dada no presente trabalho auxilia — a longo prazo — na concretização desse objetivo, haja visto que, no Brasil, a redução da carga horária dos cursos de graduação em engenharia apresenta aspectos multidimensionais.

6. Referências

- [1] LEE, Y. W., *Statistical Theory of Communication*, John Wiley & Sons, Inc., Nova York 1960.
- [2] LATHI, B. P., *Communication Systems*, John Wiley & Sons, Inc., Nova York 1968.
- [3] LATHI, B. P., *An Introduction to Random Signals & Communication Theory*, Intertext Books, Londres 1968.
- [4] SHANMUGAM, K. S., *Digital and Analog Communication Systems*, John Wiley & Sons, Inc., Nova York 1979.
- [5] RAMOS, M. A., "Subsídios para a Avaliação de Currículos de Cursos de Graduação em Engenharia Elétrica", *Revista de Ensino de Engenharia*, 4(1): 48-55, 1º semestre de 1985.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

—BIBLIOTECA—

Título: REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

Vol. 7 N.º 2

Mês _____ Ano 68

- DEVOLUÇÃO -

DATA	N.º	DATA	N.º

NÃO EMPRESTADO

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

—BIBLIOTECA—

TÍTULO: REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

VOL.: 7 N.º 2

MES: _____ ANO: 68