

**REVISTA DE
ENSINO DE
ENGENHARIA**

V.8 - Nº 1 — 1º semestre de 1989

ISSN-0101-5001



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO DE ENGENHARIA - ABENGE

Rua Bento Freitas, 178 - 3º andar - cj. 31
01220 - São Paulo - Brasil - Fone:(011)222-0203

Presidente

Paulo Alcântara Gomes

1º Vice-Presidente

Francisco Luiz Danna

2º Vice-Presidente

Cid dos Santos Gesteira

Diretor-Secretário

Marcus 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. Marcus F. Giorgetti

Editor Adjunto

Prof. Eduardo Cleto Pires

Produção

Centro de Tecnologia Educacional para Engenharia CETEPE-EESC-USP

Composição e Artes Gráficas:

ENTRELINHAS MULTIMÍDIA

Impressão

Serviço Gráfico EESC/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. Marcus F. Giorgetti

Escola de Engenharia de S. Carlos — USP

13.560 - São Carlos - SP - Brasil

Caixa Postal 359 — Fone: (0162)72-6222

Conteúdo / Contents

PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale; BAZZO, Walter Antonio: <i>Praticando o Projeto. Design Practicing</i>	5
BAZZO, Walter Antonio; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale: <i>Criatividade na Engenharia. Creativity in Engineering</i>	8
MOCELIN, João Vitor: <i>Engenharia de Produção Civil: Algumas questões referentes às matérias de formação profissional específica. Civil Production Engineering: Some questions related to specific professional subjects.</i>	12
OLLER do Nascimento, Cláudio Augusto; GIUDICI, Reinaldo: <i>Um experimento didático para determinação de distribuição de tempos de residência em reator de leito fixo. An undergraduate experiment for residence time distribution in fixed bed chemical reactor</i>	16
SOUZA, Jorge de Mello e: <i>Universidade, Ciência e Aplicação do Conhecimento no Mundo Moderno. University, Science and Knowledge Application in the Modern World.</i>	23
FEHR, Manfred: <i>Motivos e Resultados da Aprendizagem Dirigida. Reasons and results of directed learning</i>	28
ZARO, Milton A.; BLANCO, Rosa Leamar; THOMAS, Carlos A.; BRANCHER, Jacques D: <i>Aquisição e processamento de dados via microcomputador: uma experiência didática na disciplina Eng. 353 - Instrumentação, na engenharia mecânica da UFRGS. Data acquisition and processing via microcomputer: a didatic experience in the Eng. 353 - instrumentation course at the UFRGS mechanical engineering</i>	34
BORZANI, Walter: <i>Definições e cálculos de velocidades específicas em processos fermentativos. Definitions and calculations of specific rates in fermentation processes.</i>	39

Nota Editorial

Ao encerrar-se o mandato da atual diretoria cumpre apresentar um relato sintético das atividades desenvolvidas pela ABENGE ao longo do último biênio.

Continuamos a manter o princípio de rotatividade em relação aos COBENGE, os Congressos Brasileiros de Ensino de Engenharia, foi possível levá-los à Região Nordeste (em Salvador) e mais uma vez à Região Sul (em Curitiba), tendo em ambos os casos se registrado notável participação da comunidade de docentes das Instituições de Ensino Superior da área tecnológica.

Outra tradição da ABENGE, a Revista de Ensino de Engenharia, manteve sua periodicidade e alargou consideravelmente seu universo de leitores. O presente número encerra o ciclo referente a esta gestão.

A atividade dos Núcleos caracterizou-se pela realização de inúmeras reuniões e seminários e pela implantação de grupos de trabalho, no âmbito regional, procurando estabelecer estratégias para a implantação de novas estruturas curriculares, bases para a renovação científica nas escolas de engenharia (os CRICTE e programas de conferências inter-universitárias nacionais e internacionais).

As dificuldades de ordem financeira, visivelmente detectadas em todos os segmentos da sociedade brasileira, não passaram ao largo da ABENGE. Atingida pela crise, só foi possível manter todo o elenco de ações previstas ao longo dos últimos dois anos graças ao apoio de várias instituições que, assumindo inúmeros dos empreendimentos propostos, permitiram a sua concretização. A estas organizações, aqui o agradecimento da ABENGE

A Diretoria

Paulo Alcântara Gomes
Francisco Luiz Danna
Cid dos Santos Gesteira
Marcius F. Giorgetti
Roberto Atienza

Praticando o Projeto

Luiz Teixeira do Vale Pereira, M. Sc.¹
Walter Antonio Bazzo, M.Sc.¹

Praticando o Projeto. Rev. Ensino Eng., São Paulo 8(1): 5-7, 1) sem 1989.

Freqüentemente, o projeto é tido como a essência da engenharia. Praticamente, todos os cursos de engenharia procuram repassar aos estudantes, fundamentos teóricos sobre a elaboração e desenvolvimento de projetos. A idéia abordada neste trabalho é a de que, além da necessidade de se teorizar sobre o processo do projeto, deve-se também partir para a prática da sua aplicação como atividade curricular regular do processo de formação. Hoje na UFSC, alunos da primeira fase do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica têm como tarefa formular, resolver e comunicar um problema específico o que poderá ser utilizado para resolver questões simples de pequenas e médias empresas. O presente trabalho relata essa experiência com o intuito de lançar uma proposta de implantação de uma atividade regular de projeto nos cursos de graduação de engenharia.

Projeto, experiência, Ensino de engenharia.

Design Practicing. Rev. Ensino Eng., São Paulo 8(1): 5-7, 1) sem 1989.

Design is frequently considered as the essence of Engineering. That's why nearly all Engineering courses try to teach their students the theoretical foundations on design elaboration and development. The idea presented in this work is that, besides the necessary theorization on the process of design, practical application, as a curricular activity should also be emphasized. Mechanical Engineering undergraduate students at UFSC are nowadays given the task of formulating, solving and communicating a specific problem, which might be used to solve problems of small or medium size industrial enterprises. This paper describes this experience and presents a proposal on the implementation of a regular design activity in Engineering undergraduate courses.

Design, Experience, Engineering Teaching.

1. Introdução

O projeto, pode-se afirmar, é a essência da engenharia, pois é com ele que o engenheiro aplica seus conhecimentos técnicos e dá vazão à sua criatividade, produzindo algo de novo. Não obstante toda sua importância, pouco destaque tem sido dado ao processo do projeto na formação do engenheiro. No

mais das vezes, os cursos o contemplam com disciplinas essencialmente teóricas, que apresentam e discutem sua morfologia; ou então, aplicam a atividade de projeto como um artifício didático

¹Professor Adjunto Depto. de Engenharia
Mecânica/UFSC 88049 - Florianópolis - SC

para alcançar outros objetivos que não a aprendizagem do próprio projeto. Em ambos os casos, julga-se não se está atribuindo a esta atividade toda a importância que ela merece e nem, tampouco, transmitindo ao estudante os ensinamentos necessários e essenciais para seu emprego eficaz.

E na maioria dos casos, os estudantes só passam a "projetar" a partir da metade de seus cursos, como se antes disso fosse desnecessária ou prematura tal atividade. Acredita-se, desta forma, que se está perdendo um utilíssimo e profícuo tempo na formação do profissional, justamente num momento em que o estudante é mais acessível e curioso para este tipo de ensinamento.

2. A Educação Formal e o Projeto

É certo que a atividade de projetar - nas suas mais diversas formas - é uma tarefa fundamental para o profissional da engenharia. Não há como desenvolver uma engenharia criadora, tão necessária ao desenvolvimento tecnológico de um país, sem a atividade do projeto.

A atividade de projeto, entendida de forma ampla, nada mais é do que a aplicação específica de uma metodologia de pesquisa a determinada classe de problemas. E dela podem fazer parte vários dos processos que compõem o método da pesquisa científica. Talvez seja por isso que na educação formal universitária só é ensinado o método científico que, através da progressão lógica de eventos, conduz à solução de problemas científicos. Desta forma, fica um certo vazio entre a teoria e a prática do projeto, o que dificulta a aprendizagem da abordagem mais adequada para esta atividade.

O processo de projeto em engenharia, embora em muitos casos possa ser entendido como mais amplo e complexo, pode ser esquematizado, simplificada-mente conforme o modelo diagramático apresentado no esquema abaixo.

Identificação de uma necessidade

Definição do problema

Coleta de informações

Concepção

Avaliação

Especificação da solução final

Comunicação do projeto

3. Uma experiência na UFSC

Objetivando alterar a forma como o projeto é tratado nos cursos de engenharia, foi implantada na

disciplina Introdução à Engenharia Mecânica da UFSC, na primeira fase deste curso, uma experiência. Consiste esta experiência basicamente de duas etapas: na ministração de conteúdos teóricos, que analisam os rudimentos básicos da morfologia do projeto, e no desenvolvimento de um projeto simples, com todos os passos, desde a formulação do problema até a comunicação dos resultados.

São apresentados aos estudantes os temas propostos, sendo deixado a cargo deles a escolha dos assuntos que serão desenvolvidos.

Os temas propostos sempre são relativos a problemas simples, sendo deixado bem claro aos estudantes que eles deverão desenvolver o assunto no limite da sua capacidade. Desta forma, os estudantes são constantemente instigados pelos professores a melhorarem as suas soluções e a apresentação do relatório final, e a procederem pesquisas (principalmente bibliográfica) para alcançarem seus objetivos.

Constaram da lista dos temas para projeto no semestre 88/1, dentre outros, os seguintes:

- pantógrafo que amplie ou reduza um desenho em até 10 vezes;
- prancheta portátil, para uso em campo, que permita ao usuário ter as mãos livres quando em serviço;
- sistema acoplável a volantes de veículos para facilitar manobras (para uso por pessoas com defeitos físicos);
- prensa portátil para fabricação caseira de blocos de papel;
- sistema para retirar canudos de dentro de garrafas de refrigerantes numa linha de produção;
- equipamento manual para colher abacates;
- "outdoor" de fácil substituição de propagandas e com segurança contra ventos.

Adicionalmente à apresentação dos temas são comentadas pelos professores, que se colocam na posição de clientes solicitantes do projeto, características desejáveis e condicionantes para os problemas, de forma a esclarecer seus objetivos e limitar o campo de trabalho.

4. Comentários Complementares

Embora os professores em várias oportunidades incentivem os estudantes a desenvolverem protótipos das suas soluções, a melhorarem os desenhos, a apresentarem cálculos e relatórios bem estruturados e escritos, sempre é deixado bem claro que o mais importante desta atividade é o seu desenvolvi-

mento e a criatividade empregada para resolver o problema, e não apenas a solução final.

Um fato importante de se notar é a diferença de nível dos projetos numa mesma turma. Isto acontece, principalmente, face à origem dos estudantes (2º grau de escolas técnicas, escolas particulares ou oficiais ou de fases mais adiantadas de outros cursos ou mesmo de outras instituições). Assim, há a necessidade de se discernir e avaliar o trabalho também em função destes parâmetros.

Outra experiência paralela ao desenvolvimento do projeto, também aplicada com excelentes resultados na mesma disciplina, é a apresentação oral dos projetos pelos próprios estudantes. Num tempo de quinze minutos, cada equipe (formada de dois estudantes), apresenta o desenvolvimento do seu trabalho, dificuldades encontradas, solução ou soluções propostas, funcionamento do sistema, etc. E ao final da apresentação é aberto um tempo para discussões onde os demais estudantes debatem a solução, apresentam sugestões ou solicitam explicações adicionais. Tudo funciona como se fosse um miniseminário, aliás, dentro de um clima bastante interessante para estudantes de engenharia.

5. Conclusões

Com esta atividade, os estudantes têm podido assimilar os passos do projeto, aplicá-los, discutí-los e vivenciá-los.

E os resultados desta experiência têm sido largamente elogiados pelos próprios estudantes e, tem-se verificado, contribuído substancialmente para a aprendizagem desta atividade. E não é prematura a sua aplicação na primeira fase, pois já a partir daí, a qualidade no desenvolvimento de outros projetos tem sido melhorada, e a própria abordagem da atividade tem sido muito mais substancial.

Finalmente, deve-se ressaltar que o mais importante nesta atividade não tem sido o resultado final em si, mas o desenvolvimento do trabalho e, principalmente, o clima de conquista reinante e a chance que os estudantes têm de um contato mais direto com esta importante atividade.

6. Referência

- [1] BAZZO, W. A. & PEREIRA, L. T. V. Introdução à Engenharia. Florianópolis, Ed. UFSC, 1988.

Criatividade na Engenharia

Walter Antonio Bazzo, M. Sc.¹
Luiz Teixeira do Vale Pereira, M. Sc.¹

Criatividade na Engenharia. Rev. Ensino Eng., São Paulo 8(1): 8-11, 1º sem 1989

A engenharia depende cada vez mais das ciências e de técnicas nelas baseadas, mas jamais vai prescindir do empirismo e da criatividade de quem a usa. Pensando desta forma, está sendo realizado na UFSC um trabalho visando desenvolver o uso da criatividade na engenharia. O propósito deste trabalho é apresentar resultados de experiências realizadas com estudantes da primeira fase do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UFSC, ao longo de vários semestres letivos, com a aplicação de formas de se ativar a criatividade para o desenvolvimento de trabalhos na área da engenharia.

Criatividade, Experiência de ensino, Ensino de engenharia

Creativity in Engineering. Rev. Ensino Eng., São Paulo 8(1): 8-11, 1º sem 1989

Engineering depends more and more on sciences and specific techniques, however empiricism and creativity will never be disregarded. With this in mind a work is being done at UFSC with the objective of developing the application of creativity in engineering. The purpose of this work is to present the result of experiences done along various semesters, with students of the first semester of the undergraduate course of Mechanical Engineering of UFSC, which consist of the application of mechanisms to activate the use of creativity in the development of engineering.

Creativity, Teaching Experience, Engineering Education.

1. Introdução

De forma geral, o engenheiro é tido como um indivíduo frio e calculista, e que prefere dedicar-se a assuntos específicos e a problemas práticos bem definidos. O seu trabalho, imaginam alguns, é dependente estritamente dos conhecimentos científicos formais – e já consagrados – e dos tecnológicos. Imaginam também que para todos os seus problemas existem métodos próprios para solucioná-los adequadamente. Entretanto, a realidade tem demonstrado que este julgamento é inconsistente e completamente equivocado.

A engenharia moderna depende, sim, cada vez mais dos conhecimentos científicos e dos desenvol-

vimentos tecnológicos, porém jamais vai prescindir do empirismo e, principalmente, da criatividade.

Pode-se dizer que a engenharia é a arte de aplicar conhecimentos científicos e tecnológicos à criação de estruturas, dispositivos e processos, que possibilitem converter recursos disponíveis na natureza em formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas. E, certamente, uma das características mais importantes do profissional da engenharia, para resolver essas necessidades, é a sua habilidade para ter quantidade, qualidade e

¹Professor Adjunto Depto. de Engenharia Mecânica/UFSC 88049 - Florianópolis - SC

diversidade de idéias. Esta habilidade chama-se criatividade.

1.1 Criatividade: um atributo importante

O que é criatividade? Como pode ser caracterizada uma idéia criativa?

Pode-se afirmar que a criatividade é uma habilidade que certas pessoas têm para desenvolver idéias novas e úteis. É uma idéia criativa, então, é aquela que possui as seguintes qualidades: ser nova, única, útil e simples.

Desta forma, uma nova pergunta surge: como identificar uma pessoa criativa?

Pode-se, também, afirmar que uma pessoa criativa é aquela distinguida pela sua habilidade para sintetizar novas combinações de idéias e conceitos, entre formas comuns e usuais.

Nesta linha de raciocínio, e lembrando que o engenheiro é por formação um indivíduo preparado para resolver determinadas classes de problemas da Sociedade, pode-se destacar toda a importância que a criatividade tem para o trabalho deste profissional.

Uma fase vital do processo solucionador dos problemas da engenharia é a fase da concepção, na qual a capacidade criativa é especialmente importante. Talvez seja exatamente na fase da concepção que as idéias devam aflorar de forma mais significativa, e é exatamente aí que o engenheiro deve liberar toda a sua criatividade para poder gerar quantidade, qualidade e diversidade de soluções.

Não obstante toda a importância da criatividade para a engenharia, esta "habilidade" raramente é tratada, nos cursos formais, com a ênfase merecida. Entretanto, é importante que o estudante saiba que o bom desempenho na vida profissional em muito dependerá da sua criatividade.

No Brasil, como de resto no terceiro mundo, talvez a "matéria-prima" mais procurada no profissional da engenharia seja a capacidade de raciocinar e procurar soluções criativas para os inúmeros problemas existentes. As peculiaridades de cada nação não permitem a cópia ou a busca pura e simples de conhecimentos dos países desenvolvidos. É preciso criar!

2. Como ensinar a ser criativo?

Há um mito popular que diz que uma idéia criativa surge rapidamente e com espontaneidade. Acredita-se não ser tão simples assim. Estudiosos do processo criativo asseguram que as idéias mais criativas surgem por meio de um processo lento e deliberado, e que pode ser cultivado e aprimorado

pelo estudo e pela prática. A maturação de idéias, calcada num embasamento de conhecimentos bem fundamentado, é uma excelente ferramenta para melhorar a capacidade criativa de qualquer pessoa. De uma forma geral, as principais fontes nas quais se apóiam as pessoas criativas são:

- conhecimentos
- esforço exercido
- aptidão
- método empregado

Todavia, deve-se ressaltar que, mesmo que técnicas específicas sejam aprendidas e utilizadas para ativar o processo criativo, as idéias não surgem apenas como resultado de um esforço concentrado. Em muitas situações, há necessidade de um afastamento do problema para um descanso mental e, em seguida, uma retomada dos trabalhos. Isto, às vezes, é necessário para evitar a saturação do pensamento, que pode tolher a visão da idéia. Naturalmente, também é necessária uma revisão das idéias para permitir generalizações e avaliações dos resultados.

Uma característica importante do processo criativo é que no início a idéia é entendida apenas superficialmente e, somente após sua maturação, que ocorre lentamente, é que se domina o conjunto que a compõe.

Desta forma, o processo criativo pode ser descrito pelas seguintes etapas:

- preparação do problema
- esforço concentrado
- afastamento do problema
- visão da idéia
- revisão da solução

3. Uma experiência na UFSC

Os fatos, conceitos e justificativas abordados no início deste trabalho motivaram a implantação do assunto nos cursos de engenharia.

A dificuldade de modificação do currículo de um curso e a necessidade do assunto ser introduzido nas suas primeiras fases, induziu a que o tema fosse adaptado no programa da disciplina "Introdução à Engenharia Mecânica" da UFSC.

A idéia que se tinha é de que o objetivo não deveria ser apenas a teorização de barreiras que tolhem a criatividade ou de técnicas que a estimulam, mas sim, a aplicação prática destes conceitos. Comentou-se que quatro aspectos básicos têm influência significativa na atividade criadora. Em caso de deficiência de um deles, o estudante pode valer-se da aplicação mais contumaz de outras, para que, no

conjunto, consiga êxito no seu trabalho. Por exemplo, aquele que tiver pouca aptidão criadora poderá aumentar o seu esforço na procura de soluções, e chegar também a um bom resultado final; ou quem sabe, empregando um bom método, este objetivo também seja alcançado. Porém, antes ainda de aplicar a criatividade o engenheiro deve saber alguma coisa a respeito de fatores que prejudicam a sua liberação para poder, inclusive, evitá-los. Além disso, deve saber que a criatividade pode ser aprimorada através do estudo, da prática e, ainda, através do emprego de certas técnicas reconhecidamente eficazes para tal.

A apresentação destas barreiras que tolhem a criatividade, e das técnicas que a estimulam, além da aplicação prática em sala de aula de uma ou mais destas técnicas, compõem uma parte da disciplina Introdução à Engenharia Mecânica.

3.1 O Conteúdo do Assunto Dentro da Disciplina

Algumas barreiras estão normalmente presentes entre o criador e a solução final, e o conhecimento delas pode ajudar a evitá-las, melhorando a capacidade de criar. Ultrapassar estas barreiras é uma tarefa extremamente difícil, mas que deverá ser tentada dispensando todo o esforço pessoal possível.

O objetivo central é conhecer estas barreiras e criar motivação suficiente para o estudante tentar identificá-las e superá-las.

Apenas a título de informação, algumas destas barreiras são listadas a seguir:

- Hábito
- Fixação funcional
- Preocupação prematura com pormenores
- Dependência excessiva de outros
- Motivação em excesso
- Medo da crítica
- Conservadorismo
- Satisfação prematura
- Rejeição prematura

Existem outras barreiras que contribuem, de alguma forma, para inibir a criatividade. É importante que cada pessoa descubra o que tolhe sua criatividade e procure trabalhar para ultrapassar estas barreiras. Mas não basta apenas detectar estas barreiras e, sim, saber que é necessário fazer um esforço consciente, com muita disciplina e trabalho, para transpô-las. Além disto, existem ainda algumas técnicas bastante conhecidas, que não são as únicas, e que podem auxiliar muito no processo criativo.

Todas estas técnicas são abordadas, discutidas e praticadas – de acordo com a disponibilidade de tempo – para que além de aprender os conceitos, o aluno aprenda também a utilizar essas ferramentas.

Algumas das técnicas discutidas seguem listadas a seguir:

- Brainstorming
- Experiência de quebra da adaptação psicológica
- Inversão
- Analogia
- Método morfológico
- Fantasia
- Empatia
- Método da caixa preta

3.2 Uma Aplicação Prática

Dentre todas as técnicas discutidas e analisadas, o brainstorming talvez seja a mais difundida e que traz os melhores resultados e, por isso, foi a escolhida para uma aplicação prática em sala de aula.

Todos os cuidados foram tomados pelos professores para que todas as fases para estimular as idéias fossem consideradas. Os assuntos colocados em discussão não são obrigatoriamente relacionados com o campo da engenharia por dois motivos:

- por se tratarem de alunos iniciantes o seu conhecimento nesta área ainda é muito incipiente.
- um assunto muito específico bloquearia a liberação das idéias.

A turma é dividida em equipe e cada equipe escolhe um coordenador, sendo que os seguintes tempos são estabelecidos para os trabalhos:

- 45 minutos — geração das idéias
- 20 minutos — escolha das melhores soluções
- 10 minutos — especificação da melhor solução
- 5 minutos — exposição perante a turma do processo desenvolvido

Alguns dos assuntos já propostos para solução por alunos do curso de Introdução à Engenharia Mecânica são:

- a) As empresas produtoras de leite, preocupadas com os altos gastos da distribuição do seu produto da produção ao consumo, estão procurando formas de minimizar os custos dessa atividade. Para isto, reuniram um grupo de pessoas para propor soluções para o problema. Quais formas alternativas teriam estes produtores?
- b) A prefeitura de uma cidade, preocupada com os enormes gastos necessários para a limpeza de seu município após as eleições, procura encontrar soluções que minimizem estes problemas.

Para tal, a prefeitura reuniu um grupo de pessoas para solucionar o problema da poluição, prin-

principalmente visual, que as campanhas eleitorais têm causado.

Propor formas de se fazer uma campanha eleitoral sem poluir a cidade ou que, ao menos, seja de fácil limpeza após o seu término.

A título de exemplo são apresentados abaixo os resultados dos trabalhos – de uma sessão de brainstorming – de uma equipe, no semestre 88/1, incumbida de solucionar o tema b apresentado no item 3.2.

— Idéias Geradas Durante o Processo (na ordem de aparecimento):

- camionete com alto falante
- limitar número de cartazes
- cartazes colantes (adesivos)
- lugares determinados
- desenvolvimento de uma cola de fácil remoção
- outdoor
- proibição de "santinhos"
- incentivar a campanha por televisão e rádio
- propaganda em veículos
- Jânio para prefeito (vassourinhas para ajudar limpeza)
- acabar com os políticos no país
- acabar com as eleições diretas
- diminuir o número de candidatos
- acabar com os postes
- propaganda em produtos descartáveis
- propaganda em jornais e revistas
- uso de plaquetas em postes
- distribuição de camisetas
- distribuição de material escolar
- suborno
- papel comestível
- papel solúvel (com cloro)
- aumentar o número de lixeiras
- diminuir o número de partidos
- propaganda musical
- só propaganda oral
- propaganda em "Boton"
- propaganda em animal doméstico
- propaganda em papel higiênico
- balcões de propaganda
- educar os candidatos
- proibição (real) de verbas governamentais para campanha
- comícios públicos em locais fechados e de fácil limpeza
- propaganda em sacos de lixo
- removedor de cartazes
- muros descartáveis
- obrigar os partidos a limparem suas propagandas
- propaganda em bolachas, biscoitos para alimentar as populações de baixa renda
- desenvolvimento de uma película plástica colante a ser colocada sobre superfícies (postes, muros, etc) e que ao ser retirada traga consigo os papéis sobre ela aderidos
- desenvolvimento de uma tinta solúvel (removível com água)
- propaganda em rótulo de produtos descartáveis
- caminhão aspirador de sujeiras (com seletor de papéis)

4. Conclusão

O resultado obtido com este tipo de exercício em aula foi extremamente interessante e gratificante. Os alunos se portaram da melhor forma possível durante todo o tempo das atividades e participaram com a maior atenção possível. O fato de estarem gerando idéias, afora algumas brincadeiras comuns em grupos de adolescentes, fez com que se sentissem úteis e criativos. A necessidade de apresentar ao menos uma solução ao restante do grupo gerou o espírito de competição, bastante saudável nesta situação, proporcionando um número de idéias além das expectativas.

A questão do assunto a ser colocado em pauta, não foi fator preocupante, pois o objetivo real era despertar os estudantes para a capacidade do método em gerar idéias. Logicamente que em estágios mais adiantados poderão ser colocados temas mais ligados à área da engenharia.

O que deve ser deixado bastante claro para o estudante, através deste tipo de atividade, é que a criatividade o ajudará em muito na sua atuação profissional.

5. Referência

- [1] BAZZO, W. A. & PEREIRA, L. T. V. Introdução à Engenharia. Florianópolis, Ed. UFSC, 1988.

Engenharia de Produção Civil: Algumas questões referentes às matérias de formação profissional específica

João Vitor Moccellin¹

Moccellin, João Vitor. Engenharia de Produção Civil: Algumas questões referentes às matérias de formação profissional específica. Rev. Ensino Eng., São Paulo 8(1): 12-15, 1ª sem 1989.

A Resolução nº 10/77 do Conselho Federal de Educação caracterizou a Engenharia de Produção como uma habilitação específica que pode ter origem em qualquer uma das seis áreas do curso de Engenharia, a saber: Civil, Eletricidade, Mecânica, Metalurgia, Minas e Química. Os artigos 5º e 6º desta Resolução definem cinco matérias e suas respectivas ementas, as quais devem ser incluídas no elenco de matérias de Formação Profissional Específica.

Assim, este trabalho trata de algumas questões, referentes a tais matérias, que surgem na elaboração de uma estrutura curricular para o curso de graduação em Engenharia de Produção Civil.

Engenharia de Produção Civil, Currículo de Graduação.

Moccellin, João Vitor. Civil Production Engineering: Some questions related to specific professional subjects. Rev. Ensino Eng., São Paulo 8(1): 12-15, 1ª sem 1989.

The Resolution nº 10/77 of the Federal Council of Education has characterized Production Engineering as a specific course from any branch of engineering, that is: Civil, Electrical, Mechanical, Mines, Metallurgical and Chemical Engineering. Articles 5th and 6th of that Resolution define five subjects and their contents which must be included in the set of specific professional subjects.

In this paper, our attention is addressed to Civil Production Engineering. During the development of an undergraduate curriculum it arises some questions related to the specific professional subjects. This paper deals with these questions.

Civil Production Engineering. Undergraduate Curriculum.

1. Introdução – Histórico Sucinto

Em 27 de abril de 1976, o Presidente do Conselho Federal de Educação baixou a Resolução nº 48/76, fixando os mínimos de conteúdo e de duração do Curso de Graduação em Engenharia e definindo suas áreas e habilitações.

Em 16 de maio de 1977, foi publicada no Diário Oficial da União a Resolução nº 10/77 do CFE, caracterizando a Engenharia de Produção como uma

habilitação específica que pode ter origem em qualquer uma das seis áreas do Curso de Engenharia, definidas na Resolução nº 48/76, a saber: Civil, Eletricidade, Mecânica, Metalurgia, Minas e Química.

¹Professor Doutor da Escola de Engenharia de São Carlos - USP Caixa Postal 359 13560 - São Carlos - SP

Em função destas resoluções, os cursos de graduação em Engenharia de Produção existentes na época sofreram adaptações curriculares, sendo então, pela nova legislação considerados como habilitações com origem na área de Engenharia Mecânica, ou conforme a terminologia usual, cursos de Engenharia de Produção Mecânica.

A partir de 1977, novos cursos têm sido criados em diversas Instituições, observando os termos das Resoluções nº 48/76 e nº 10/77 do CFE.

De acordo com informações fornecidas pela Secretaria de Educação Superior do MEC^[1], existiam, em fevereiro de 1982, vinte habilitações de Engenharia de Produção com origem em cinco áreas de engenharia, assim distribuídas:

Area	Número de cursos de Engenharia de Produção	Porcentual
Civil	2	10%
Eletricidade	3	15%
Mecânica	9	45%
Metalurgia	2	10%
Química (incluindo materiais)	4	20%

Os dois cursos de Engenharia de Produção na área Civil, acima relacionados, são os ministrados na Universidade Federal de Santa Catarina e na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Estas Instituições também mantêm as habilitações de Engenharia de Produção nas áreas de Engenharia Mecânica e Elétrica.

2. O Primeiro Currículo Mínimo

A graduação em Engenharia de Produção teve o seu primeiro currículo mínimo fixado pelo Parecer nº 61/74 do CFE, de 25 de janeiro de 1974, o qual considerava dois conjuntos de matérias: as Básicas e as de Formação Profissional.

Nas matérias Básicas, além daquelas referentes a Matemática, Física, Química e Desenho, eram incluídas duas outras que devem ser ressaltadas: Processos de Fabricação e Materiais de Construção Mecânica.

Por sua vez, o elenco de matérias de Formação Profissional era constituído de dez matérias, sendo quatro referentes a Economia e Administração, uma de Processamento de Dados e as demais:

- Controle de Qualidade;
- Métodos de Pesquisa Operacional;
- Estudo de Tempos e Métodos;
- Planejamento e Controle da Produção;
- Projeto do Produto e da Fábrica.

Este primeiro currículo mínimo teve fortes influências dos cursos de Engenharia de Produção existentes na época, os quais, por sua vez, apresentavam traços característicos da Industrial Engineering dos E.U.A.

3. O Currículo Mínimo Atual

A legislação em vigor, que estabelece os mínimos de conteúdo e duração para a graduação em Engenharia de Produção, conforme já mencionado, fundamenta-se nas Resoluções nº 48/76 e nº 10/77 do CFE.

A Resolução nº 48/76, em particular, propiciou uma flexibilidade que permitiria a formação do Engenheiro de Produção com origem em qualquer uma das seis grandes áreas do Curso de Engenharia, já salientadas. Sua formação profissional geral seria correspondente a uma determinada área e sua formação profissional específica deveria ser definida por um conjunto de matérias que realmente caracterizassem a habilitação Engenharia de Produção. Isto pode ser constatado nos artigos 7º e 8º da mencionada resolução. Consideramos importante destacar o seguinte trecho do parágrafo 2º do artigo 8º: "As matérias referidas no artigo serão estabelecidas pelas próprias Instituições..."^[4].

Esta concepção de Engenharia de Produção resultou, dentre outros fatos, da constatação de que novos recursos e novas necessidades imprimiam à Engenharia de Produção características próprias, conduzindo-a à categoria das demais atividades maiores de outros campos da Engenharia, reconhecendo-se que as metodologias da Engenharia de Produção encontravam aplicação em muitos outros domínios da Engenharia, além do abrangido pela Engenharia Mecânica de Manufaturas.

Entretanto, a Resolução nº.10/77 afetou sensivelmente, a nosso ver, a flexibilidade e, portanto, a desejável adequação de estruturas curriculares para

os cursos de graduação em Engenharia de Produção, propiciada pela Resolução nº 48/76.

Antes de serem apresentadas as razões de proposição acima, convém salientar os termos do artigo 1º da Resolução nº 50/76 do CFE, de 09 de setembro de 1976, que fixou normas para caracterização de habilitações do Curso de Engenharia: "As habilitações específicas do Curso de Engenharia, consideradas na Resolução nº 48/76 em seu artigo 7º e parágrafo único, serão caracterizadas pelos respectivos elencos de matérias de Formação Profissional Específica, de conformidade com esta Resolução"^[4].

Entendemos que a diminuição relevante da flexibilidade na estruturação curricular dos cursos de graduação em Engenharia de Produção, ocasionando problemas na adequação desses cursos às suas áreas de origem, foi causada pelos artigos 5º e 6º da Resolução nº 10/77 que explicitam cinco matérias, as quais devem ser incluídas no elenco de matérias de Formação Profissional Específica.

O artigo 5º não exclui a possibilidade da inclusão de outras matérias que forem consideradas, pelas próprias Instituições, de Formação Profissional Específica e pertinentes às respectivas áreas de origem (Civil, Eletricidade, etc.), porém obriga a inclusão daquelas cinco matérias e suas respectivas ementas.

Fica claro, portanto, a restrição na aplicação dos termos do parágrafo 2º do artigo 8º da Resolução nº 48/76, no seu sentido amplo.

Além disso, as cinco matérias obrigatórias acima consideradas são as mesmas que constavam do primeiro currículo mínimo, lá denominadas matérias de Formação Profissional. Suas ementas sofreram ligeiras modificações, por sugestão de especialistas, representantes das Instituições que na época ministravam o curso de Engenharia de Produção.

Neste ponto, convém lembrar que a reestruturação dos cursos existentes naquela época, por força da Resolução nº 10/77, levou-os quase que naturalmente a habilitações com origem na área de Engenharia Mecânica.

Não é difícil de notar que a diferença significativa entre o primeiro currículo mínimo de Engenharia de Produção e o atual, correspondente à Engenharia de Produção Mecânica, refere-se a um acréscimo de matérias pertinentes à área de Engenharia Mecânica, ou seja, Mecânica e Termodinâmica Aplicadas, Sistemas Mecânicos, Térmicos e Fluidomecânicos, que juntamente com Processos de Fabricação e Materiais de Construção Mecânica (já

existentes) passaram a compor o elenco de matérias de Formação Profissional Geral.

4. O Caso Específico da Engenharia de Produção na Área Civil

Na continuidade deste trabalho, nossa atenção será dirigida à Engenharia de Produção Civil. Acreditamos, porém, que as questões específicas aqui apresentadas, podem eventualmente ser extrapoladas às outras áreas (Eletricidade, Metalurgia, Minas e Química), guardadas suas particularidades.

O problema, no sentido geral, consiste na elaboração de uma estrutura curricular para o curso de graduação em Engenharia de Produção na área Civil, que atenda:

- aos requisitos da legislação em vigor (Resoluções de CFE nºs 48/76, 50/76 e 10/77);
- aos aspectos peculiares e necessidades da área.

No processo de estruturação curricular, o atendimento à legislação atual origina algumas questões, referentes às matérias de Formação Profissional Específica que foram definidas nos artigos 5º e 6º da Resolução nº 10/77. Tais questões são apresentadas a seguir:

Considerando-se a matéria "Planejamento e Controle da Produção", como ministrar PREVISÃO DE VENDAS e CAPACITAÇÃO DE PRODUÇÃO, para um sistema produtivo que opera, em geral, vinculado à venda ou ordens de produção estabelecidas por órgãos governamentais e obtidas em licitações? Como ministrar DIMENSIONAMENTO DE ESTOQUES para um sistema produtivo (obras) cuja estocagem se resume na guarda de materiais e componentes que serão totalmente empregados na execução de um produto, em prazo curto, com fluxo desuniforme e, geralmente, baixo? Obviamente, uma empresa de construção não pode estocar estradas, pontes, edifícios, barragens, redes de água e esgoto, etc.

Considerando-se, por outro lado, a matéria "Estudo de Tempos e Métodos", por que ministrar ESTUDO DE TEMPOS (TÉCNICAS DE MEDIDA DIRETA E INDIRETA, AVALIAÇÃO DE RITMO, TEMPO PADRÃO, AMOSTRAGEM DO TRABALHO) para um sistema produtivo que, pelas peculiaridades do trabalho e grande mobilidade de mão-de-obra, não permite o estabelecimento de um ritmo de produção, objetivando a redução de perdas de tempo e aumento de eficiência? E, que para tanto

deve utilizar muito mais fiscalização e controle local ou a curta distância?

Considerando-se, agora, a matéria "Projeto do Produto e da Fábrica", como e por que ministrar ANÁLISE DE LOCALIZAÇÃO e CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS DE CONSTRUÇÃO, para um sistema produtivo (obras) onde a fábrica (canteiro) é construída em locais variados e temporários (uma fábrica para cada produto)? E onde os arranjos físicos são peculiares a cada obra (produto)?

Além destas questões inerentes à legislação atual, outra, que consideramos pertinente e relevante, refere-se à bibliografia básica que deve ser parte integrante e essencial do programa de qualquer disciplina. A referência [2] indica um trabalho publicado nos Anais do I ENEGEP (1981), que apresenta uma amostra representativa da bibliografia para as matérias de Formação Profissional Específica, explicitadas na Resolução nº 10/77 do CFE. De 1981 até o presente, não houve, de maneira geral, uma alteração significativa. Um exame da referida bibliografia (que é usualmente adotada nos cursos de Engenharia de Produção) mostra de maneira predominantemente, uma forte correlação com a Engenharia de Produção Mecânica.

5. Considerações Finais

Este trabalho não tem caráter conclusivo, tendo por objetivo, de imediato, salientar as questões aqui apresentadas. As reflexões advindas de futuras discussões sobre o assunto poderão, eventualmente, fundamentar a tese de que: "A Resolução nº 10/77 do CFE, caracteriza de maneira adequada a habilitação Engenharia de Produção com origem na área Mecânica, não caracterizando, porém, na mesma proporção, aquelas oriundas das demais áreas do Curso de Engenharia".

Neste caso, caberia relembrar a manifestação do Prof. Heitor Gurgulino de Souza, relator do Parecer nº 860/77 do CFE que serviu de base para a Resolução nº 10/77, a seguir transcrita: "É porém permanente nossa missão no CFE e a do Ministério da Educação e Cultura, na revisão periódica das bases e diretrizes que asseguram uma formação atualizada e adequada, quantitativa e qualitativa, em nossos Institutos e Universidades dos recursos humanos ainda tão carentes em nosso país, nesta área científica e tecnológica, de primordial importância para o processo de desenvolvimento. Estamos, pois, todos conclamados a prosseguir neste trabalho"[4].

6. Referências Bibliográficas

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO DE ENGENHARIA - ABENGE. "Instituições de ensino de engenharia e tecnologia - graduação e pós-graduação". Fevereiro 1982.
- [2] BELHOR, R.V. & FERREIRA DA COSTA, L.R. "Uma bibliografia para engenharia de produção: títulos de caráter geral e matérias profissionais específicas". Anais do I ENEGEP, UFSCar, pp. 117-133, Maio 1981.
- [3] LEME, R. A. DA SILVA. "História da engenharia de produção". Boletim de Produção e Sistemas, UFSC, 6(01):1, Fevereiro 1985.
- [4] MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA (DAU). "Nova concepção do ensino de engenharia no Brasil". Abril 1977.
- [5] TRAJANO, I. "Engenharia de produção civil - história e conceituação". Trabalho apresentado no VI ENEGEP, UFPb, Outubro 1986.

Um Experimento Didático para Determinação de Distribuição de Tempos de Residência em Reator de Leito Fixo

Cláudio Augusto Oller do Nascimento ¹
Reinaldo Giudici ¹

Oller do Nascimento, Cláudio Augusto; Giudici, Reinaldo. Um experimento didático para determinação de distribuição de tempos de residência em reator de leito fixo. *Rev. Ensino Eng., São Paulo* 8(1): 16-22, 1ª sem 1989

Neste trabalho, é apresentada uma experiência de laboratório de graduação para apresentar aos alunos as técnicas experimentais de determinação de distribuição de tempos de residência em reatores químicos. O reator experimental é de leito fixo e o tratamento de dados é feito por métodos de otimização usando o modelo de dispersão axial (regressão não-linear no domínio do tempo). Esta experiência é dada no 8º semestre do Curso de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP.

Distribuição de tempos de residência, Dispersão axial, Reator de leito fixo.

Oller do Nascimento, Cláudio Augusto; Giudici, Reinaldo. An undergraduate experiment for residence time distribution in fixed bed chemical reactor. *Rev. Ensino Eng., São Paulo* 8(1): 16-22, 1ª sem 1989

In this paper an undergraduate laboratory experiment is presented. Experimental technique for residence time distribution in chemical reactors is studied. The equipment used is a fixed bed reactor, and data are treated by axial dispersion model (nonlinear regression in time domain). This experiment has been taught for 8th term students at Escola Politécnica - USP.

Residence time distribution, Axial dispersion, Fixed bed reactor.

1. Introdução

Uma informação importante na prática industrial em reatores químicos é o conhecimento da distribuição de tempos de residência (DTR). A determinação da DTR permite diagnosticar problemas de escoamento no reator. Tais defeitos de escoamento podem ser devidos a duas razões principais:

- a) existência de regiões onde não ocorre escoamento, denominadas espaços mortos ou zonas mortas;

- b) existência de canais preferenciais por onde porções do fluido saem do reator sem ter sido devidamente processadas, por permanecerem um tempo menor que o previsto pelo projeto; este problema de escoamento é denominado curto-circuito.

¹Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
Departamento de Engenharia Química Caixa Postal
61548 - 05508 - São Paulo - SP - Brasil

Outras técnicas além da DTR são necessárias para a previsão do comportamento para o projeto de um reator real, tais como, modelos matemáticos com parâmetros a serem ajustados a partir de informações experimentais.

Estes parâmetros são correlacionados como funções de propriedades do fluido, do escoamento e da configuração do reator. Estes modelos são por natureza semi-empíricos. Um dos modelos que melhor representa fisicamente o escoamento em um reator com enchimento (leito fixo) é o denominado modelo de dispersão axial (Levenspiel & Bischoff, 1963).

Esta experiência didática tem por objetivo familiarizar o aluno com a técnica experimental para a determinação de DTR em reatores químicos e aplicar técnicas de otimização de parâmetros em modelos matemáticos frente aos dados experimentais. O modelo matemático empregado nesta experiência é o da dispersão axial. Esta experiência já vem sendo dada no Laboratório de Fundamentos, aos alunos do 8º semestre do Curso de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP, desde 1986.

2. Modelo Matemático da Dispersão Axial em Reator Tubular

O modelo de dispersão axial tem sua representação matemática dada por:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial z} = D_{ea} \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \quad (1)$$

O termo que representa a dispersão axial é matematicamente análogo a um termo de difusão - fluxo proporcional ao gradiente de concentração. A constante de proporcionalidade, D_{ea} , é um parâmetro "efetivo" que representa os diversos fatores de dispersão longitudinal: perfis radiais de velocidade, turbulência, presença e tipo de enchimento, etc.

Considerando o sistema como "vaso fechado", as condições de contorno são:

$$c = c(O^-) - \frac{D_{ea}}{u} \frac{\partial c(O^+)}{\partial z} \quad z = 0 \text{ qualquer } t \quad (2.a)$$

$$\frac{\partial c(L^+)}{\partial z} = 0, \quad z = L \text{ qualquer } t \quad (2.b)$$

Para maiores detalhes, consultar os trabalhos de Danckwerts (1953), Wen & Fan (1975) e Levenspiel & Bischoff (1963).

A solução desta equação segundo Crank (1956) é dada frente a um estímulo pulso por:

$$E_q(q) = e^{-Pe/2} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(-1)^{i+1} 8\alpha_i^2}{4\alpha_i^2 + 4Pe + Pe^2} \exp\left[\frac{-q(Pe^2 + 4\alpha_i^2)}{4Pe}\right] \quad (3)$$

onde os α_i são as raízes da equação (4) para i ímpar e da equação (5) para i par:

$$\left(\frac{\alpha_i}{2}\right) \tan\left(\frac{\alpha_i}{2}\right) = \frac{Pe}{4} \quad (4)$$

$$\left(\frac{\alpha_i}{2}\right) \cotg\left(\frac{\alpha_i}{2}\right) = \frac{Pe}{4} \quad (5)$$

O parâmetro deste modelo matemático a ser ajustado a partir do levantamento de dados experimentais é a difusividade efetiva axial (ou coeficiente efetivo de dispersão axial) D_{ea} . O grupo adimensional é o número de Peclet axial, que é expresso por:

$$Pe = u \frac{L}{D_{ea}} \quad (6)$$

3. Dispositivo Experimental

O esquema do equipamento utilizado está mostrado na figura 1. O reator tubular consta de um tubo de vidro de 3,7 cm de diâmetro e 87 cm de comprimento, disposto verticalmente.

A água que alimenta o reator pode vir diretamente da rede do laboratório ou a partir de um tanque de alimentação e uma bomba de baixa vazão. Uma válvula regula a vazão, que é medida por um rotâmetro, ou outro medidor.

Próximo à entrada do reator, um trecho de tubulação de borracha (latex) permite a injeção de traçador, que é feita através de uma seringa de 1 cm³. Utiliza-se, na experiência, o estímulo tipo pulso.

O trecho da tubulação entre o ponto de injeção e o reator é curto e de pequeno diâmetro; deste modo, o tempo de residência e a dispersão de traçador neste trecho podem ser desprezados em relação àqueles no reator. As mesmas considerações se aplicam ao tubo de saída do reator e de coleta de amostras.

Para enchimento do reator podem ser usadas esferas de vidro, anéis de Raschig ou outro tipo de recheio.

- V - válvula
 M - medidor de vazão
 I - injeção de traçador
 R - reator com enchimento
 A - amostragem

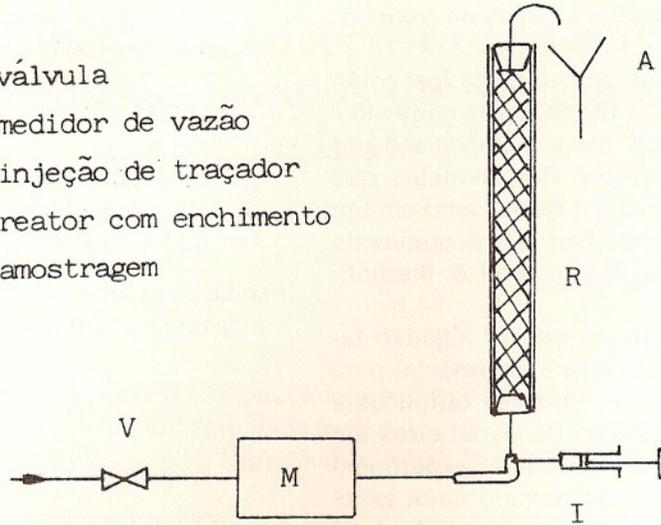


FIGURA 1 - ESQUEMA DO EQUIPAMENTO

diferentes das do fluido que escoar (p. ex., viscosidade, densidade, etc.). Além disso, é desejável que a análise da concentração de traçador seja simples. Por ser uma experiência didática, escolheu-se como traçador um corante e sua análise é feita por colorimetria. Uma solução de azul de metileno a 3% é usada como traçador, com um volume de 0,2 a 0,5 cm³ por pulso. A duração da injeção deve ser a menor possível para que se aproxime o mais fielmente de um pulso teórico (instantâneo).

Para fins didáticos, é conveniente que o reator e o enchimento sejam de vidro ou outro material transparente, permitindo, assim, visualizar o "espalhamento" - processo de dispersão - do pulso injetado à medida que o traçador escoar no leito do reator.

4. Procedimento Experimental

O procedimento experimental consiste das seguintes etapas:

- ajusta-se (e mede-se) uma certa vazão de água;
- injeta-se, tão rápido quanto possível, 0,5 ml de solução de azul de metileno a 3%. Neste instante, dispara-se o cronômetro;
- observa-se o pulso de traçador "espalhando-se" à medida que atravessa o reator;

Na escolha do traçador, deve ser levado em consideração que suas características não devem ser

- coletam-se amostras do efluente do reator, anotando o tempo em que foram tais amostras coletadas;
- determina-se a concentração de traçador nas amostras utilizando um colorímetro ou um espectrofotômetro.

5. Tratamento de Dados

5.1 Obtenção da curva de DTR

A partir dos dados de transmitância T medidos e da curva de calibração do espectrofotômetro, ilustrada na figura 2, obtêm-se dados de concentração de traçador c em função do tempo t . O primeiro passo é calcular a área A sob a curva $c = f(t)$, o tempo médio de residência \bar{t} e a variância da distribuição τ^2 .

Estes parâmetros são definidos pelas seguintes equações:

$$A = \int_0^{\infty} c \cdot dt \quad (7)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{A} \int_0^{\infty} t \cdot c \cdot dt \quad (8)$$

$$\tau^2 = \frac{1}{A} \int_0^{\infty} t^2 \cdot c \cdot dt - (\bar{t})^2 \quad (9)$$

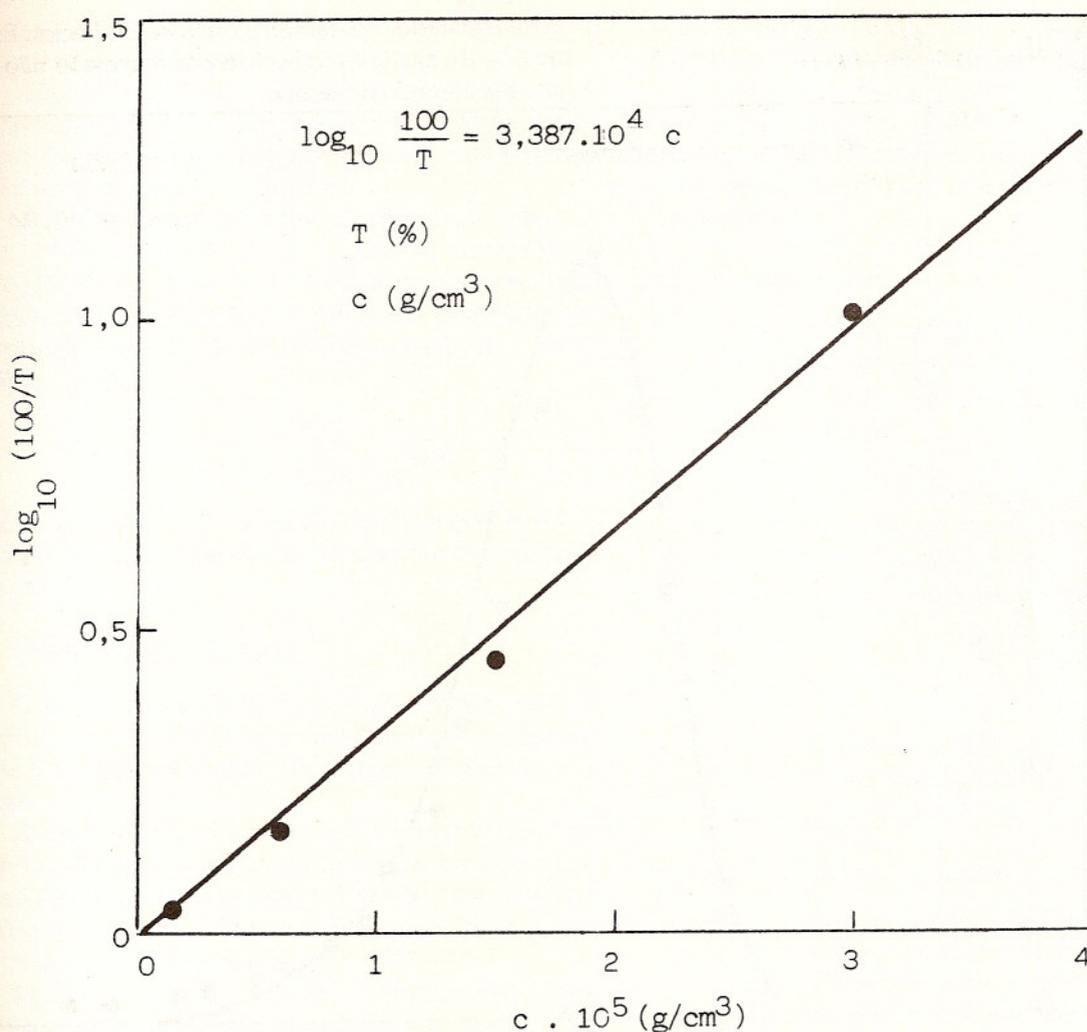


FIGURA 2 - CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ESPECTROFOTÔMETRO

A concordância das medidas realizadas pode ser testada por comparação com os seguintes valores teóricos "esperados":

$$\bar{t} = \frac{V}{v} \quad (10)$$

$$A = V_{\text{pulso}} \frac{C_{\text{pulso}}}{v} \quad (11)$$

Para obter a DTR, calcula-se, a partir dos dados de $c = f(t)$, os valores de:

$$E = \frac{c}{A} \quad (12)$$

$$E_{\theta} = \bar{t} E \quad (13)$$

$$q = \frac{t}{\bar{t}} \quad (14)$$

Os pontos $c = f(t)$, $E = f(t)$ e $E_{\theta} = f(\theta)$ podem ser colocados no mesmo gráfico, definindo-se convenientemente as escalas, como ilustra a figura 3.

5.2 Análise pelo Modelo da Dispersão

As condições de contorno do reator experimental apresentado podem ser consideradas como as de "vaso fechado", isto é, com dispersão desprezível nas tubulações de entrada e de saída do reator (tubos de pequeno diâmetro).

A solução do modelo de dispersão axial frente a um estímulo pulso em sistema fechado é dada pelas equações (3) a (5) anteriormente descritas.

A comparação entre os valores de E_{θ} calculados e experimentais é feita segundo algum critério, por exemplo, o dos mínimos quadrados, em que se minimiza a função:

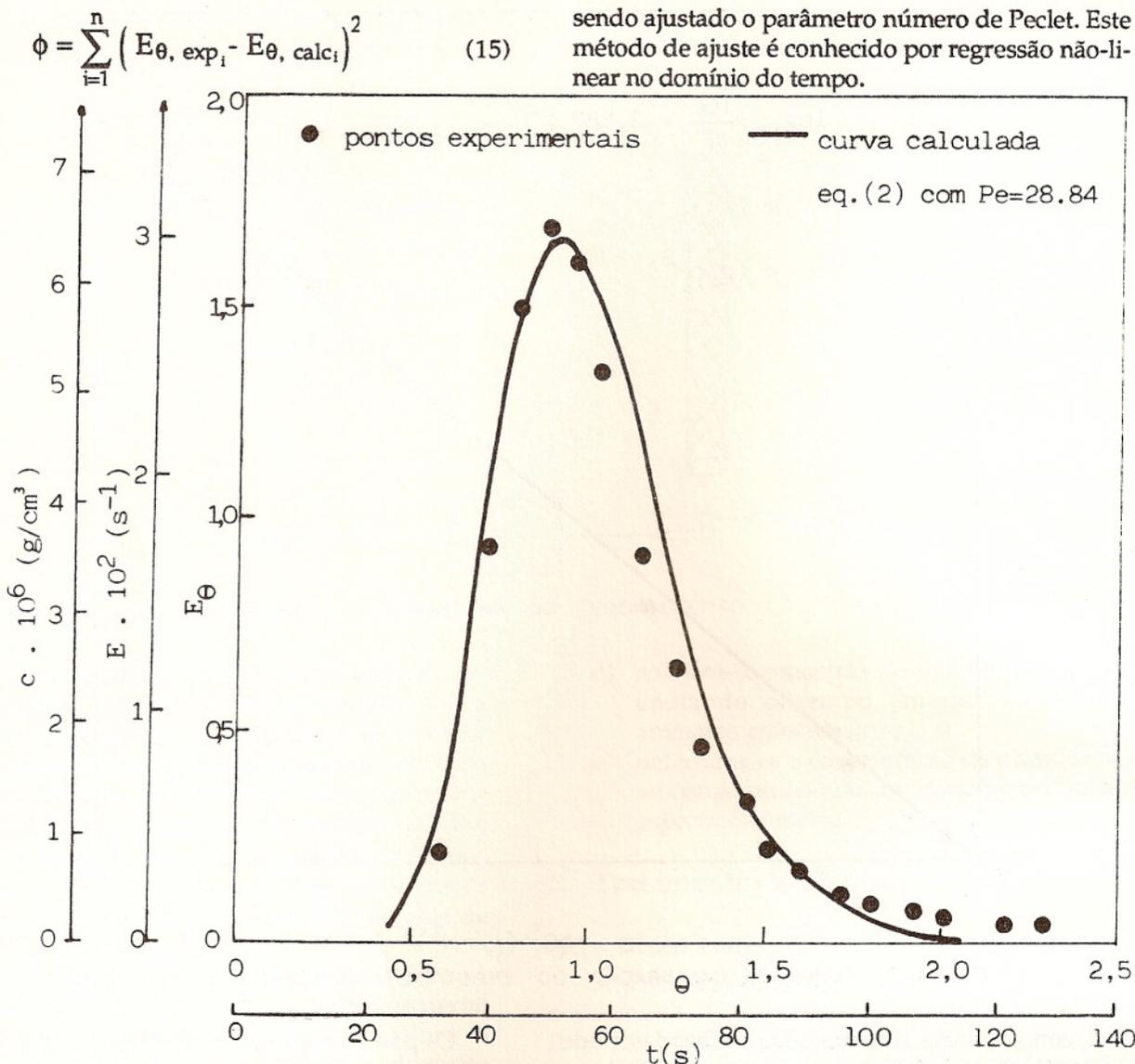


FIGURA 3 - RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Para este ajuste, foi montado um programa para microcomputador em linguagem BASIC. A solução em séries do modelo, equação (3), é calculada com um número finito de termos, desprezando-se aqueles menores que uma certa tolerância especificada. As raízes das equações (4) e (5) são obtidas pelo método de Newton - Raphson.

A estimativa inicial de Pe pode ser obtida a partir da variância da curva experimental, que se relaciona com o número de Peclet, no caso em questão por:

$$\bar{\theta} = 1 \quad (16)$$

$$\tau_{\theta}^2 = \frac{\tau^2}{t} = \frac{2}{Pe} - \frac{2}{Pe^2} [1 - \exp(-Pe)] \quad (17)$$

Estas equações provêm da aplicação da definição de variância à equação (3), sendo este método conhecido como o dos momentos (Froment & Bischoff, 1979).

6. Resultados

Para exemplificar o tratamento, usaremos os dados apresentados na figura 3. Para estes dados, obtidos para recheio de anéis de Raschig de 3/8" e vazão de água de 14 cm³/s (Re = 102), os resultados foram os seguintes:

- pela análise a partir da variância, equação (8), obteve-se: $\tau_{\theta} = 0,121$, $Pe = 15,4$ e $D_{ea} = 7,3 \text{ cm}^2/\text{s}$;
- pelo ajuste da equação (3) aos dados experimentais, usando como critério a equação

(15), obteve-se $\phi_{\text{mínimo}} = 0,14$, $Pe = 28,84$ e $D_{ea} = 3,9 \text{ cm}^2/\text{s}$.

A curva obtida pelo método de regressão não-linear no domínio do tempo está mostrada na figura 3, junto com os dados experimentais, onde se pode observar a qualidade do ajuste.

A partir de correlações da literatura (Wen & Fan, 1975) obteve-se, para o caso em ilustração o valor de Pe na faixa de 17 a 90, faixa esta bastante ampla, indicando o grau de dispersão dos dados da literatura. Calculando-se pela correlação de Chung & Wen (1968):

$$D_{ea} \frac{\rho}{\mu} = \frac{Re}{0,20 + 0,011 Re^{0,48}} \quad (18)$$

obteve-se $D_{ea} = 3,4 \text{ cm}^2/\text{s}$ e $Pe = 33,3$, valores estes em relativamente boa concordância com os resultados obtidos.

7. Observações Finais

Dependendo da disponibilidade de recursos do laboratório, é possível fazer modificações no escopo experimental, algumas das quais discutimos a seguir.

Sobre a análise do efluente do reator, é possível fazê-la não só por tomadas discretas de amostras, como descrito, mas de modo contínuo, colocando o medidor em linha com a corrente de efluente, como no trabalho de Marcato et alii (1984).

Podem-se utilizar outros métodos analíticos para a determinação da concentração do traçador no efluente (usando condutímetro, pHmetro, refratômetro, contador Geiger ou mesmo titulação), dependendo, é claro, do tipo de traçador escolhido. Lembremos, no entanto, que, mesmo no caso da escolha de um traçador "invisível", isto é, transparente, é recomendado, ainda assim, realizar um ensaio preliminar com algum traçador colorido. Isto permite visualizar e assim tornar mais fácil a compreensão física do processo de dispersão, explorando-se melhor o caráter didático da experiência. Não se deve esquecer, todavia, que a escolha do traçador está limitada àquelas substâncias ou misturas de propriedades físicas semelhantes ao fluido que escoa e não deve ser absorvido pelo enchimento ou pelas paredes do reator.

Quanto ao medidor de vazão, não deve ser dispensado; mesmo que a vazão possa ser medida com proveta e cronômetro, é desejável a presença de um medidor na linha (rotâmetro, placa de orifício ou venturi) para se verificar se a vazão permanece

constante ao longo da experiência, o que é fundamental para a obtenção de bons resultados.

Como observação adicional, a curva de calibração do espectrofotômetro não é necessária, uma vez que o tratamento de dados é feito com os dados normalizados e não com valores absolutos de concentração.

8. Conclusões

O experimento apresentado mostra-se adequado aos propósitos de explorar didaticamente:

- o conceito de distribuição de tempos de residência;
- a modelagem de reatores não-ideais;
- o ajuste de parâmetros de modelo não-linear por métodos de otimização.

Os resultados obtidos são coerentes com os dados de literatura obtidos com sistemas similares ao estudado.

9. Notação

- A — área sob a curva $c = f(t)$, $g.s/\text{cm}^3$
- c — concentração, g/cm^3
- D_{ea} — coeficiente efetivo de dispersão axial, cm^2/s
- d_t — diâmetro do reator, cm
- d_p — diâmetro da partícula, cm
- E — função distribuição de tempos de residência, s^{-1}
- E_θ — concentração adimensional, definida pela equação (13)
- L — comprimento do reator, cm
- n — número de pontos experimentais
- Pe — número de Peclet, definido na equação (6)
- Re — número de Reynolds ($u d_p \rho/\mu$)
- \bar{t} — tempo, s
- \bar{t} — tempo médio de residência, s
- T — transmitância da solução, %
- u — velocidade superficial do fluido no reator, cm/s
- v — vazão volumétrica, cm^3/s
- V — volume do reator, cm^3
- z — coordenada axial, cm
- α_j — raízes das equações (4) e (5)
- τ^2 — variância da curva de DTR, definida na equação (9)
- θ — tempo adimensional, definido na equação (14)

- ϕ - resíduo (mínimos quadrados) da correlação, definido na equação (15)
 ρ - massa específica, g/cm³
 μ - viscosidade, g.cm/s

10. Referências Bibliográficas

- [1] CRANK, J. Mathematics of diffusion. London, Oxford University Press, 1956.
- [2] CHUNG, S. F. & WEN, C. Y. AIChE Journal, 14:857, 1968.
- [3] DANCKWERTS, P. V. Chem. Eng. Sci., 2:1, 1953.
- [4] FROMENT, G. F. & BISCHOFF, K. B. Chemical reactor analysis and design, New York, Wiley, 1979.
- [5] LEVENSPIEL, O. Chemical reaction engineering. 2ª ed., New York, Wiley, 1972.
- [6] LEVENSPIEL, O. & BISCHOFF, K. B. Patterns of flow in chemical process vessels. Advances in chemical engineering. Vol. 4, New York, Academic Press, 1963.
- [7] MARCATO, R.; BUENO, J. M.; CARDOSO, D. Desempenho de um reator tubular para fins didáticos. Anais do 6º Cong. Brasileiro de Engenharia Química, Vol. 3, p. 585-594, Campinas, 1984.
- [8] WEN, C. Y. & FAN, L. T. Models for flow systems and chemical reactors. New York, Marcel Dekker, 1975.

Universidade, Ciência e Aplicação do Conhecimento no Mundo Moderno

Jorge de Mello e Souza¹

Souza, Jorge de Mello e. Universidade, Ciência e Aplicação do Conhecimento no Mundo Moderno. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo 8(1): 23-27, 1^a sem. 1989.

O conhecimento implica em poder, que pode contribuir tanto para melhorar a vida como para piorá-la. As nações buscam, com investimentos crescentes, o conhecimento novo. O conhecimento é descoberto, criticado e ensinado, posto em prática até ser substituído por outro, mais conveniente. O campo da pesquisa preocupa-se em descobrir conhecimentos, o mundo acadêmico em criticá-lo e difundí-lo e as empresas em aplicá-lo. Estes campos, há alguns séculos, funcionavam com laços frouxos. As mudanças aceleradas das últimas décadas impõem novas posturas. Assim, hoje os centros de pesquisa, universidades e empresas devem formar polos, para forçar a circulação mais rápida do conhecimento. Ao mesmo tempo, novas organizações devem ser criadas, para impor limites ao uso do conhecimento, evitando danos irreversíveis.

Universidade, Empresa, Centros de pesquisa, Polos de alta tecnologia

Souza, Jorge de Mello e. University, Science and Knowledge Application in the Modern World. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo 8(1): 23-27, 1^a sem. 1989.

Knowledge implies power that can contribute to improve life as well as to make it worse. Nations look for new knowledge with increasing investments. Knowledge is discovered, criticized and taught, put in practice till it is substituted by a more convenient one. The field of research is concerned with discovery of new knowledge, the academic world criticizes and divulges it and companies apply it. Some centuries ago those fields worked with loose bonds. Accelerated changes in the last decades require new positions. Today research centers, universities and companies must work together to force a quick circulation of knowledge. At the same time new organizations must be created to impose limits to the use of knowledge, avoiding, irreversible damages.

University, Company, Research centers, Centers of high technology

1. Introdução

Cada vez mais conhecimento implica em poder. Por isto os países mais adiantados desejam mais saber, utilizando todos os meios para consegui-lo.

O poder é claramente um valor. Entretanto, pode ter um sinal positivo ou negativo. O sinal positivo ocorre quando o poder é utilizado para o

bem estar geral. Muitas vezes, porém, o poder rompe seus limites naturais e causa a destruição e a morte.

As lições do passado sobre as organizações que lidam com o conhecimento são de pouco valor hoje.

¹Professor Titular do Instituto Militar de Engenharia.
Praça General Tibúrcio, 80 — 22290 - Rio de Janeiro - RJ

As mudanças ocorridas neste século forçam a novas posições.

É necessário realizar as potencialidades promovendo rápida e eficientemente o desenvolvimento. E, também, freios devem ser criados para evitar algumas calamidades que já começam a espocar no nosso País.

2. A Trajetória do Conhecimento

A trajetória do conhecimento pode ser descrita em termos esquemáticos como descoberta, crítica e transmissão, aplicação e obsolescência. Nesta trajetória distinguem-se três campos, de fronteiras não perfeitamente localizadas, mas com características distintas.

- 1) O campo da pesquisa é caracterizado pela investigação sistemática com o fim de descobrir fatos ou princípios relativos a uma área do conhecimento. Para explorar este campo criaram-se os institutos de pesquisa. No Brasil, o primeiro data de 1639, o Observatório Astronômico da Ilha de Antônio Vaz, em Pernambuco.
- 2) O campo acadêmico onde a preocupação é a crítica do conhecimento existente, a montagem de um sistema de ensino para transmitir e o preparo dos profissionais que vão trabalhar nas outras áreas.
- 3) O campo da aplicação, que usa os conhecimentos para conseguir bens materiais ou não, para melhorar a vida de todos. Empresas e indústrias ocuparam este campo.

O conhecimento antigo, quando ultrapassado por outros mais aptos, é deixado ao abandono.

Há alguns séculos estes campos funcionavam com laços frouxos. O pequeno número de pesquisadores e institutos de pesquisa fazia com que a universidade vivesse debruçada nas obras dos grandes pensadores do passado. Servia para formar uma elite pensante que ocuparia os cargos de maior importância e decidiria sobre as questões mais difíceis.

As empresas, de dimensão familiar, muitas vezes, usavam pouca ou nenhuma tecnologia, não tendo muito lugar para bacharéis.

O tempo necessário para uma descoberta ser conhecida e aplicada era enorme. Assim, séculos decorreram entre a descoberta feita por Paracelsus de que o éter poderia ser usado como anestésico e a época em que passou a ter aquela utilidade. Por outro lado, o pequeno volume de conhecimento disponível fazia com que os indivíduos mais talentosos pudessem circular com igual desenvoltura pelos três campos do conhecimento em áreas diversas.

Arquimedes para resolver um problema prático, descobre o seu princípio famoso e usa conhecimentos teóricos para ganhar batalhas. Leonardo da Vinci conseguiu a imortalidade com as suas pinturas. Miguel Angelo projetou o domo da catedral de São Pedro, conquanto seja mais famoso pela "Pietà" que se encontra logo depois da entrada nesta igreja. O conhecimento prático tomou a dianteira do teórico. A primeira ponte em treliça, projetada pelo italiano Palladio, foi executada 300 anos antes do aparecimento dos primeiros métodos para análise de tais estruturas. As pontes e viadutos, chamadas ainda hoje de obras de arte, eram baseadas no bom senso, na intuição e na experiência anterior dos artistas que as concebiam.

O cientista ia a reboque do empresário. Primeiro este descobre, por experimentos ou intuição, uma alternativa útil para satisfazer alguma necessidade. Depois da trilha aberta, vem o cientista e explica a razão do sucesso com seus princípios, leis, teoremas e equipamentos. Típico desta fase é a descoberta do concreto armado. O francês Monier, há pouco mais de um século, verificou que vasos de flores feitos de concreto quebravam com facilidade. Resolveu reforçá-los com barras de aço e notou que a resistência dos vasos aumentou muito. Em 1867 conseguiu sua primeira patente, do novo processo de unir materiais diferentes. Monier não possuía conceitos claros do efeito mecânico do reforço. Não sabia explicar o comportamento do concreto no qual barras de aço eram mergulhadas. Mas equipes de cientistas, com a curiosidade despertada, lançaram-se sobre a descoberta de Monier e construíram teorias, hoje bem conhecidas.

A realidade descrita não mais existe nos países avançados.

3. As Mudanças Aceleradas

A nossa época tem como uma das suas principais características a aceleração no processo de mudanças, de qualquer tipo. Mudanças nos hábitos, tecnologias, produtos, necessidades, estruturas sociais e outras ocorrem a tal velocidade que atropelam e esmagam os indivíduos especialmente os que se colocam à margem dos acontecimentos. Na área do conhecimento os desafios são enormes. Cerca de 90% de todos os cientistas que o mundo conheceu estão vivos. A literatura técnica e científica sofre um acréscimo de 60.000.000 de páginas por ano. Há quem calcule que a meia-vida de um engenheiro é de dez anos, querendo com isto dizer que metade do que aprendeu, neste período, será conhecimento inútil ou

obsoleto. O conhecimento atualizado passa a ser mais importante do que a experiência^[1].

As empresas e os países não mais esperam que a intuição de algum indivíduo venha abrir novas portas. Ao contrário, pela primeira vez na história, investe-se fortemente em institutos de pesquisa e forçam-se as descobertas e invenções. Nas mudanças cada vez mais rápidas e de maior intensidade, o que permanece é o transiente. Toda uma estrutura burocrática que se constrói para a realização de tarefas rotineiras desaba fragorosamente.

O tempo necessário para uma descoberta ser adotada num bem de consumo e comercializada baixa para poucos anos ou meses.

As empresas não podem continuar produzindo rotineiramente. Os concorrentes podem, a qualquer momento, baixar os custos de produção ou aumentar a qualidade dos produtos. Torna-se necessário que as empresas associem-se a institutos de pesquisa. Grandes empresas criam seus centros de pesquisa e contam com eles para vencer a corrida tecnológica.

Por outro lado, as encomendas fora da rotina aumentam. As empresas são solicitadas a produzir pela primeira vez novos produtos e deparam-se com problemas que não sabem resolver. Buscam o conhecimento onde ele se encontra, que é nos professores universitários, pesquisadores e consultores. Estes profissionais aceitam o desafio, e os professores são ajudados pelos seus alunos. Para isto, novas disciplinas são introduzidas nos currículos, novos cursos são formados.

Os laços que unem o centro de pesquisas, a universidade e a empresa são necessariamente diversos dos tempos atrás. Correndo com dificuldades para adaptar-se a uma realidade cambiante, as organizações não vêem claro como devem proceder. As queixas se avolumam. A universidade não se engaja em processos produtivos. A empresa não investe o suficiente em pesquisa. O pesquisador reduz o diâmetro do universo ao do seu laboratório.

4. A Crescente Complexidade

Há alguns séculos a vida apresentava uma simplicidade que hoje desapareceu. Os homens que tinham de tomar decisões podiam abarcar quase todo o horizonte por elas perturbado. Um pequeno número de assessores supria qualquer deficiência de dados ou de conhecimento.

Hoje a situação é totalmente diferente. Os avanços da técnica, se propiciaram feitos notáveis, deixaram um rastro de destruição e de problemas novos criados. A complexidade das situações é de tal monta que ninguém é capaz de entender todos os

mecanismos desenfreados por decisões emanadas de autoridades.

A complexidade da relação entre as variáveis de importância faz com que as equipes de assessores de Ministros ou Presidentes seja superior a 1000, para conter todas as especialidades. Aspectos legais, econômicos, políticos, técnicos, psicológicos, sociológicos estão presentes em tantas decisões que não podem ser ignorados.

O relacionamento do homem com o ambiente, da técnica com a economia tem mudado tanto que muitas estruturas existentes são inadequadas e não se tem experiência bastante para propor novas, com certeza de sucesso. Por outro lado, a reação dos que hoje são privilegiados torna difícil ou impossíveis certas reformas.

Deve-se, portanto, esperar soluções desastrosas por parte dos políticos, mesmo os que atuam com a melhor das intenções. Os técnicos enclaustrados nas suas especialidades podem cometer desastros em outras áreas sem perceber. Cada vez mais são necessários homens com uma sólida cultura, capazes da construção de um mundo novo; e os especialistas, incapazes de enxergar além dos limites da sua exígua área, a quem Ortega y Gasset^[4] chamou bárbaros, se forem descartados, pouca falta farão.

O crescimento exponencial do consumo de recursos não renováveis vem lançar desafios aos engenheiros que irão trabalhar no início do próximo século. Calcula-se que o alumínio dure 31 anos, o cobre 21 anos, o ouro 9 anos, o mercúrio 13 anos e o cobalto 60 anos. De pouco adianta afirmar que certamente serão descobertas novas jazidas, pois admitindo que as reservas atualmente conhecidas sejam multiplicadas por cinco, o alumínio duraria mais 24 anos, o cobre mais 27 anos, o ouro mais 20 anos, o mercúrio mais 28 anos e o cobalto mais 80 anos^[2]. Se nenhuma providência for tomada, o crescimento da população e do uso de recursos forçará um colapso total do sistema de consumo. A poluição do ar e da água tende a aumentar exponencialmente. As gerações futuras terão o ônus da limpeza, a custos elevados. Os problemas criados pela sociedade industrial, não poderão ser ignorados num futuro próximo.

A exploração indiscriminada das florestas e das terras está criando desertos que crescem a cada ano. O clima sofre alterações e nota-se a perda do equilíbrio ecológico.

Nestas condições o mundo marcha para a deterioração e se esta tendência não se modificar o colapso é inevitável.

As estruturas sociais apresentam iniquidades inaceitáveis e de pouco adianta a solução técnica numa atmosfera de injustiça.

A tarefa mais urgente que a humanidade tem é de direcionar os seus objetivos, modificar os seus valores e impor as mudanças que se fizerem necessárias. E a cada ano que passa esta tarefa tem de absorver novas variáveis e levar em conta realidades emergentes.

5. Os Polos de Alta Tecnologia

A aceleração com que as mudanças se processam hoje em dia exige novas estruturas, adequadas às novas necessidades.

É essencial que as organizações que lidam com o conhecimento, a universidade, o instituto de pesquisa e a empresa trabalhem juntos, e para isto é conveniente que estejam próximos fisicamente. Com isto a trajetória do conhecimento é vencida num tempo muito menor. O centro de pesquisa faz a sua descoberta e a passa ao centro de ensino, que a incorpora no seu currículo e ao de produção, que a introduz nas suas rotinas.

Entretanto, as organizações que juntas formam o polo, não podem perder suas características essenciais. Assim, a universidade só conseguirá preencher o espaço que lhe compete se não tiver de ocupar outros pelo simples fato de estarem vazios. As empresas só poderão atuar com eficiência se dispuserem de um centro de ensino que prepare profissionais hábeis e outro de pesquisa que municione os dados necessários. As forças que unem as organizações não podem ser empecilho para críticas entre elas. Toda vez que a universidade acomodar-se deve sofrer reclamações da empresa, que passa a receber recursos humanos deficientes. Quando a empresa adotar políticas que poluam o ambiente ou que favoreçam a injustiça social, deve receber a condenação de órgãos apropriados.

Os polos, gerando um número enorme de empregos bem remunerados, ativam a economia e permitem que o ciclo do conhecimento - pesquisa, crítica, ensino, aplicação - seja acelerado de forma jamais vista.

Os polos ainda evitam os pecados maiores das organizações: o da universidade é o academismo, ou seja, o conhecimento despido de valor ou sabedoria; o da pesquisa é a obtenção diligente de novos dados inúteis ("Knowledge, in proportion as it tends more and more to be particular, ceases to be Knowledge"^[3]), o da empresa o lucro fácil sem o contrapeso da qualidade.

É quando os diversos órgãos se unem para formar um corpo que podem não só trabalhar com mais eficiência, como evitar as atrofiações.

Os polos seriam formados tendo em vista os setores mais carentes de tecnologia ou os que possam render dividendos mais gordos. Entre tais setores estão a informática cujo poder operou transformações sem paralelo na história; a química fina, pois os centros de decisão sobre a produção de medicamentos essenciais acham-se fora do país; a biotecnologia, de cujo avanço muito se pode esperar. O estabelecimento de polos para a resolução de problemas regionais parece uma iniciativa interessante; os resultados deste polos devem ser analisados cuidadosamente.

Um problema sério que a aglutinação de diferentes órgãos deve resolver é o salarial. A empresa, com administração mais ágil e contratos mais rígidos, pode, para enfrentar certos problemas ser tentada a esvaziar a universidade ou o centro de pesquisa, acenando com vantagens irrecusáveis aos seus especialistas. Tal procedimento criaria descontinuidades inaceitáveis no ensino e na pesquisa. Acordos de alto nível deveriam ser feitos para dirimir tais conflitos.

Em resumo, a criação de polos de alta tecnologia parece ser a resposta mais apta a satisfazer algumas ânsias do momento. Experiência como a do Centro Técnico Aeroespacial onde criou-se um Instituto Técnico e mais tarde centros de pesquisa é exemplo de tudo quanto foi dito. Em torno deste núcleo estabeleceram-se muitas indústrias, atraídas pelos recursos humanos de primeira qualidade e pelos centros de pesquisa aptos a resolverem inúmeros problemas tecnológicos. A economia, recebendo o propelente adequado, subiu rapidamente e os ganhos dos diversos setores são inegáveis.

6. Novas Organizações Necessárias

Os polos de alta tecnologia satisfazem a muitas exigências do nosso tempo, maximizando a velocidade da transmissão do conhecimento. Entretanto, são inaptos para resolver vários dos importantes problemas elencados. Tais problemas, envolvendo a qualidade de vida no planeta ou em grandes partes dele, exigirão novos centros com características diversas das hoje existentes.

Em tais centros a presença de professores e cientistas não pode ser omitida. Todas as áreas do conhecimento devem estar representadas. Seria necessária a participação dos líderes espirituais, representantes de grandes empresas, de associações

empenhadas na melhora da qualidade de vida, e de políticos.

O objetivo destes centros seria a busca de soluções para vários problemas, tais como:

- 1) O uso indiscriminado da ciência e da tecnologia, que numa das pontas tem o excesso de armas nucleares e na outra o desastre ecológico.
- 2) O inaceitável gradiente na distribuição de riquezas, entre países e indivíduos.
- 3) A busca de valores a serem implantados nas sociedades de forma a maximizar o proveito do avanço tecnológico.
- 4) A determinação dos limites do conhecimento científico.

Foi a falta de valores que jogou a universidade, há uma ou duas décadas na maior crise que teve de enfrentar. Nesta crise, 23 das 27 universidades italianas foram fechadas, militantes negros armados ocuparam prédios em Cornell, uma rebelião feroz desabou sobre Berkeley, professores e reitores acudidos não sabiam justificar suas decisões de modo convincente.

O conhecimento científico não embasado em valores de peso, pode levar as sociedades ao desastre. Os grandes excessos e absurdos ocorrem não apenas em grupos sociais atrasados, mas, também, nos de mais alta tecnologia, como atestam vários exemplos neste século. Extrapolações que em alguns detalhes já foram ultrapassadas acham-se nas anti-utopias "1984" de Orwell e " Admirável Mundo Novo" de Huxley.

A falta de limites do conhecimento científico pode levar a desastros irreversíveis especialmente na área nuclear. É interessante lembrar que a condenação de Fausto na obra de Goethe, deve-se ao fato dele não ter aceito fronteiras ao seu conhecimento.

Talvez o que mais de perto se aproxime destes centros seja o Clube de Roma. Neste Clube, especialistas procuram compreender o sistema global em

que vivemos e influenciar o público e os responsáveis pela vida política.

Por congregarem especialistas em todas as áreas, a universidade deveria liderar estes centros.

7. Conclusões

A crescente complexidade dos problemas criados pelo conhecimento científico e tecnológico exige dos que trabalham na sua criação, dos que o transmitem e dos que o utilizam novas posturas.

A união da universidade, do centro de pesquisa e da empresa, parece a solução indicada. A transmissão do conhecimento faz-se de forma acelerada trazendo mais rapidamente os benefícios.

Entretanto, os avanços tecnológicos devem ser criteriosamente julgados antes de serem postos em prática.

Deveriam ser criados centros onde cientistas, professores, líderes espirituais, empresários e políticos julgassem os novos desenvolvimentos da ciência. O objetivo seria o planejamento de uma sociedade onde o uso indiscriminado da ciência seria coibido e o bem-estar coletivo a meta a ser atingida.

8. Referências Bibliográficas

- [1] TOFFLER, ALVIN. *Future shock*. New York, Bantam Books, 1971. 561 p.
- [2] MEADOWS, DONELLA et Alii. *The limits of Growth*. Washington, Potomac Associates Book, 1974. 207 p.
- [3] NEWMAN, JOHN HENRY. *The Idea of a University*. Chicago, Loyola University Press, 1927. 498 p.
- [4] ORTEGA & GASSET, José. *Mission of the University*. (Mision de la Universidad). Princeton, The Princeton University Press, 1944. 94 p.

Motivos e Resultados da Aprendizagem Dirigida

Manfred Fehr ¹

Fehr, Manfred. Motivos e Resultados da Aprendizagem Dirigida. *Rev. ensino Eng.*, São Paulo 8(1): 28-33, 1ª sem 1989

Apresenta-se uma metodologia de aprendizagem dirigida aplicável à formação de recursos humanos na área da Engenharia Química. Usam-se os conceitos de aprendizagem funcional, ajuste comportamental, responsabilidade assumida, controle de qualidade e avaliação de pares. Conseguem-se atender situações industriais e acadêmicas. O processo de aprender gera novos conhecimentos e produz trabalho útil. A preparação do aprendiz evolui com a realização das tarefas. Citam-se resultados mensuráveis obtidos no contexto de Projeto e Controle de Unidades de Processamento. A aprendizagem dirigida é apontada como agente renovador da formação técnica de recursos humanos.

Aprendizagem dirigida, Formação de recursos humanos, Avaliação da aprendizagem, Ligação escola-fábrica

Fehr, Manfred. Reasons and results of directed learning. *Rev. ensino Eng.*, São Paulo 8(1): 28-33, 1ª sem 1989

A method of directed learning that interfaces college and industrial duties of graduating chemical engineers is presented. Key factors are functional training, behavior monitoring, assignment of responsibilities, constant quality control and peer evaluation. A minimum of industrial cooperation is required. The learning process generates knowledge and produces useful work. The learner steadily improves his or her performance due to instant feedback. He or she can work under time pressure without fear of failure. College and plant training combine into an integrated process of learning.

Functional learning, Human Resources Formation, Evaluation of learning, College-plant Interface

1. Introdução

A descontinuidade entre as tarefas acadêmicas e industriais do formando em Engenharia Química é conseqüência duma diferença de filosofias. A indústria aplica seu próprio sistema de seleção. Ela não se guia pelo rendimento acadêmico dos candidatos. Num sistema de avaliação comum a transição seria suave e rápida. Não haveria necessidade de testes adicionais para seleção nem do status inicial de engenheiro-junior. Devido à diversidade existente tanto do lado das empresas quanto do lado das esco-

las, tal situação ideal é uma meta utópica. O melhor que pode ser sonhado é aproximar-se dela.

No contexto específico descrito aqui, esta aproximação é atingida. Os discentes são confrontados com atividades industriais e requeridos de assumirem as responsabilidades correspondentes. A iniciativa passa do instrutor ao discente. A aprendizagem funcional subordena a matéria tratada e os

¹Universidade Federal de Uberlândia. Caixa Postal 811 - 38400 - Uberlândia - MG

meios usados à aplicação prática visada. O constante controle de qualidade e a avaliação imediata das tarefas cumpridas evitam qualquer desvio da meta fixada.

O objetivo é a formação de indivíduos criativos e confiantes cuja transição do ambiente acadêmico ao industrial ocorre naturalmente sem descontinuidade. As formações acadêmica e industrial transformam-se numa única formação integral. Novos conhecimentos são adquiridos ou gerados, e trabalho útil é produzido.

2. Métodos de Aprendizagem

O sistema implantado e descrito é composto dum conjunto de métodos tirados de diversas fontes e adaptados ao contexto acadêmico. Da prática do treinamento industrial foram retidos a aprendizagem funcional^[1] e o ajuste comportamental^[2]. Da experiência própria foram acrescentados a atribuição de responsabilidades, o controle de qualidade e a avaliação de pares.

Aprendizagem funcional significa uma aprendizagem dirigida especificamente para desempenhar uma determinada função. A meta final é invariavelmente a solução dum problema prático industrial. A partir da definição dela é traçado o caminho. Este traçado consiste da divisão do caminho em etapas e da seleção da matéria a ser aprendida em cada etapa. Ao fim da etapa confere-se o sucesso da aprendizagem. Exige-se do participante a solução parcial do problema prático correspondente à etapa. Aprender é construir. Tendo na sua frente a imagem da meta final, o participante a divide e subdivide com detalhamento crescente. As subdivisões são analisadas e juntadas até atingir a estrutura global. A constante avaliação serve de guia e mantém o ritmo e a direção certa do progresso.

O ajuste comportamental visa manter a motivação do participante. O progresso individual é confrontado com os objetivos globais do programa. Recompensas dosadas aumentam a dedicação e, conseqüentemente, o valor e a qualidade da contribuição individual.

A atribuição de responsabilidades coloca a iniciativa do lado do discente. Ele se compromete a produzir um trabalho de qualidade que é útil. Ser útil significa que o resultado pode ser transferido do papel à aplicação física sem obstáculos.

O controle de qualidade garante a utilidade do trabalho dos participantes. Ele reforça e direciona a iniciativa individual. Este controle não é eliminatório, mas sim, corretivo. Etapas insatisfatórias ou inúteis à consecução do objetivo quantificado são

devolvidas para re-elaboração. O critério do controle é a aplicação prática bem sucedida do trabalho. A direta transferência dos resultados do papel à instalação física deve ser possível.

A avaliação de pares desenvolve a auto-confiança. O participante é chamado a defender seus resultados e deixá-los em forma escrita para seus sucessores. Este processo cria a necessidade de aprender a apresentação oral e escrita. O relatório técnico é a peça fundamental da avaliação.

3. Preparação do Programa

Os métodos anteriormente descritos caracterizam a estrutura do programa de aprendizagem. De acordo com os objetivos, a aprendizagem adquire o verdadeiro sentido de sua definição: ela é a ação ou o processo de aprender. Ela independe do lugar onde ela ocorre: se na escola ou na empresa. No caso em cogitação ela ocorre na escola. O programa há de prever alguma forma de interação com uma unidade fabril. É necessário visualizar a aplicação prática daquilo que se aprende. O contato não precisa ser prolongado nem aprofundado. Basta proporcionar ao discente a oportunidade de conhecer uma unidade de processamento em operação que seja semelhante àquela estudada nas tarefas do programa de aprendizagem. A idéia não é a de copiar uma instalação, mas sim, a de criar uma. No momento do contato, cada participante já definiu em termos globais seu tema de trabalho. Ele sabe quais as informações específicas necessárias. Na visita, cada um se restringe a procurar as informações referentes ao seu trabalho individual. O contato industrial é planejado, eficaz e breve. Um dia é considerado suficiente.

O instrutor é responsável pela preparação e o bom andamento do programa de aprendizagem e pela correta utilização do tempo disponível. O quadro 1 apresenta seu roteiro típico. A seguir, detalham-se os itens chaves do Roteiro do Instrutor. Os exemplos são tirados da experiência própria do autor. Eles são típicos da filosofia de aprendizagem aqui descrita.

"Tópicos a serem tratados" (item 1.2 do quadro 1). O programa estrutural define as funções a serem aprendidas em ordem cronológica. Elas decorrem diretamente das necessidades do projeto ou do currículo. Elas independem de qualquer literatura que possa existir a respeito. Nos quadros 2 e 3 são mostradas as estruturas de dois programas de treinamento. Nota-se que ambas iniciam com a visualização da meta final onde a aplicação prática do aprendido ocorrerá. O tema é logo despedaçado

para fins de análise. No fim, o projeto global é sintetizado pela união das parcelas. O ciclo se fecha.

"Tarefas a serem cumpridas no desempenho de cada função" (item 2.3 do quadro 1). O caminho da análise caracteriza uma função pelas tarefas atribuídas a ela. A título de ilustração, definem-se no quadro 4 as tarefas inerentes ao exercício da função 2.1 do programa para "Controle de Unidades de Processamento"

"Textos de acompanhamento" (item 3 do quadro 1). Os textos são fornecidos aos participantes como guia. Eles contêm a dose certa de informação, raciocínio ou exemplos para iniciar a tarefa. A iniciativa de completá-la cabe ao discente. No contexto deste sistema, os papéis de docente e discente se confundem. Todos são aprendizes. Procura-se atingir perfeição na execução de cada tarefa e de cada função no intuito de cumprir o objetivo. Todos contribuem. A seguinte citação é o texto fornecido para a tarefa 2.1.4 do quadro 4: "O ganho dum elemento é definido assim: mudança do sinal de saída provocada por uma mudança unitária do sinal de entrada. O ganho do laço é o produto dos ganhos de todos seus elementos. Exemplo: Conversor. Entrada 4 a 20 mA. Saída 1 a 5 V. Ganho = $(5 - 1)/(20 - 4) = 0,25 \text{ V/mA}$. Fornecer os ganhos já conhecidos no laço da tarefa ilustrativa. Dar a lista dos ganhos desconhecidos. Usar a figura 4 como guia".

"Definição do trabalho individual exigido para avaliação" (item 4.4 do quadro 1). O sucesso da aprendizagem é medido pela solução do problema prático posto. A cada etapa, cada participante submete uma parte da solução. Indica-se no quadro 5, um exemplo de como o trabalho individual pode ser solicitado.

"Sistema de avaliação" (item 5.1 do quadro 1). Avalia-se o relatório técnico apresentado por cada participante. Os critérios de avaliação são preestabelecidos e conhecidos de todos. O quadro 6 mostra um esquema de avaliação. Cada item deste esquema é tipicamente subdividido em vários subitens que são quantificáveis o suficiente para garantir a objetividade da avaliação.

4. Execução do Programa. Um Exemplo Vivido.

Atualmente, o sistema está sendo aplicado a disciplinas do currículo referentes a Projeto Básico e Controle de Unidades de Processamento. O contato industrial utilizado é uma usina de álcool. Apresenta-se a metodologia desenvolvida para o Projeto Básico. O objetivo específico é o de projetar uma usina de álcool. O objetivo genérico é o de aprender.

Conseqüentemente, o programa obedece ao objetivo global de aprender a projetar uma usina de álcool. Procura-se atender tanto as exigências do plano curricular, quanto as do método da atribuição de responsabilidades. O programa exige trabalho individual dirigido. O projeto tem duração de vários semestres. A cada semestre são sugeridos temas detalhados que respondem às necessidades do projeto global do momento.

Após escolha do tema, o participante define seus objetivos, traça seu plano de trabalho e fixa os prazos para as etapas do projeto. O instrutor acompanha o progresso de cada trabalho e presta a assistência cabível. A intervalos predeterminados os participantes trocam informações sobre o andamento de seus trabalhos em forma de "relatório de progresso" oral. Cada etapa do projeto individual é apresentada como parte do relatório final em forma definitiva e é avaliada. Textos deficientes são devolvidos para melhoria. Sempre existem temas sobre balanços, fluxogramas de processo e utilidades, dimensionamento de equipamentos, detalhamento de tubulações, instrumentação, lay-out e opções de processamento para escolha dos participantes. Esta diversidade limitada responde ao método do ajuste comportamental. O participante encontra certa dose de motivação pelo simples fato de estar trabalhando sobre um tema de seu interesse particular. Ele é exposto aos outros temas na ocasião das apresentações orais dos companheiros.

A avaliação de pares se dá pela consulta de literatura. Os relatórios de semestres anteriores formam o acervo de conhecimento já adquiridos e de resultados já gerados no âmbito do projeto da usina. O projeto global é totalmente autônomo. Não existe nenhuma intenção de reproduzir a instalação visitada. Ela apenas fornece determinados pontos de referência que não estão disponíveis de outras fontes.

A seguir, é apresentado um exemplo do progresso realizado numa ramificação específica do projeto global: a primeira torre de destilação. O primeiro trabalho sobre este tema partiu do balanço da massa global. Determinou-se o número de pratos, o distanciamento dos pratos, altura e diâmetro da torre, bocais para conexões e de visita e o sistema mínimo de instrumentação. Nesta fase, o diâmetro foi encontrado a partir do gráfico empírico que fornece a velocidade de inundação em função dos fluxos de vapor e líquido^[3]. Conforme sugestão desta e de outras fontes, o diâmetro da torre foi determinado para operação a 80 % da velocidade de inundação. Em trabalho posterior foi executado o projeto

hidráulico da torre para pratos perfurados. Chegou-se à conclusão de que ela inundará. O projeto hidráulico para pratos de campânula, feito em seguida, confirmou esta conclusão. Foi realizado um quarto trabalho individual que, partindo dos dados do projeto hidráulico, determinou o diâmetro adequado da torre e a velocidade de inundação lida no gráfico empírico. O cálculo foi confirmado na visita: o novo diâmetro correspondia àquele da torre existente. Todas as outras ramificações do projeto global estão sendo levadas pelo mesmo caminho de aprendizagem.

5. Discussão

O caso específico da torre de destilação ilustra o funcionamento da aprendizagem: ela se sustenta e se expande pela geração das perguntas certas. Quatro discentes trabalhando consecutivamente, sobre este tema com espírito crítico e submetidos ao controle de qualidade geraram o resultado: para o sistema água-etanol, a velocidade de projeto adequada é 30% daquela de inundação fornecida pelo gráfico empírico. Fonte bibliográfica nenhuma fornece esta informação. Ela foi gerada pelo próprio processo de aprendizagem. Este é apenas um exemplo. Via de regra, todo trabalho executado no programa gera um conhecimento novo.

Cada participante trabalha no seu próprio projeto e assume responsabilidade por ele. Embora conte com o total apoio do instrutor em cada fase da elaboração, o esforço, a iniciativa e os resultados são do discente. É ele quem escreve e assina o relatório técnico. Durante todo o período de dedicação ao projeto, a aplicação prática específica dos resultados está conhecida e serve de guia e de motivação. O discente é desafiado constantemente a resolver os problemas inerentes no projeto por quaisquer meios ao seu alcance.

O constante controle de qualidade garante que o relatório produzido seja aceitável no sentido industrial: ele é um instrumento de venda do talento. Mais do que isto: o caráter corretivo do controle de qualidade permite ao participante corrigir seus erros e melhorar seu desempenho de etapa em etapa. Repetidas vezes acontece que discentes considerados academicamente fracos no conjunto do programa curricular aproveitam a oportunidade de aprendizagem aqui oferecida, mostram motivação e produzem excelentes resultados. No outro extremo, discentes de ótimo desempenho acadêmico geral aprendem a adaptar seu talento à solução de problemas práticos

pela primeira vez na sua carreira. Isto aumenta sua confiança profissional. Como exemplo típico, cita-se o caso de dois discentes altamente cotados que demoraram três meses em fechar o balanço material da usina de álcool. Várias unidades tinham que ser reconsideradas repetidas vezes por exigência do controle de qualidade. O importante é que no fim, o balanço fechou. O trabalho foi cumprido e os resultados foram úteis. Eles serviram o projeto global.

A aprendizagem técnica engloba apresentações orais e escritas que representam o retorno do investimento. Elas são a base de avaliação e o único sinal visível do sucesso ou fracasso da aprendizagem. Elas também são atividades comuns da vida industrial do engenheiro. Graças à avaliação imediata e ao controle corretivo, a qualidade das redações costuma melhorar bastante de etapa em etapa. O esquema de avaliação não é apenas um medidor da qualidade atingida. Ele é sobre tudo um guia de percurso para chegar lá.

6. Conclusões

O sucesso da aprendizagem independe do local onde ela ocorre.

Aprender é construir. A síntese duma obra é o motivo principal da aprendizagem.

Participantes são desafiados a aportar idéias próprias originais à solução de problemas práticos.

A aplicação conhecida daquilo que se aprende, mantém a motivação do aprendiz.

O controle de qualidade corretivo ajuda o aprendiz a superar suas fraquezas.

O discente é preparado para sua transferência normal ao ambiente de fábrica.

Resultados positivos mensuráveis foram obtidos com o método descrito.

A aprendizagem organizada e dirigida é um fator chave da formação de recursos humanos.

7. Bibliografia

- [1] ESTRADA, V. F. "Train with a functional approach" *Hydrocarbon Processing*, agosto 1974, p. 58
- [2] MILLER, L. "Behavior management makes performance count" *Chemical Engineering*, Julho 17, 1978, p. 143
- [3] VAN WINKLE, M. "Distillation" McGraw-Hill 1967, figura 13-21

Quadro 1 – Roteiro do Instrutor

1. Desenvolver o programa e sua estrutura: define o que precisa ser aprendido.
 - 1.1. Ementa e objetivos globais.
 - 1.2. Funções a serem aprendidas em seqüência estrutural.
 - 1.3. Indicar por setas a interação entre as funções.
2. Medir as necessidades de aprendizagem (comparar o que precisa ser aprendido com aquilo que já se sabe).
 - 2.1. Verificar os conhecimentos existentes sobre as funções a serem aprendidas.
 - 2.2. Definir as necessidades por diferença.
 - 2.3. Tarefas a serem cumpridas no desempenho de cada função.
3. Produzir os textos necessários para explicar as funções e objetivos. Reunir ou dividir as funções em módulos. Preparar os textos por módulos homogêneos e independentes.
4. Planejar e organizar as sessões de aprendizagem.
 - 4.1. Tempo destinado ao estudo dos módulos.
 - 4.2. Tempo destinado à aplicação do aprendido.
 - 4.3. Preparar material audio-visual.
 - 4.4. Definir os projetos individuais e sua divisão em etapas, as exigências de conteúdo e os prazos.
5. Avaliar a aprendizagem.
 - 5.1. Avaliar as etapas dos relatórios.
 - 5.2. Devolver para melhoria se for necessário.
 - 5.3. Guardar os relatórios como documentos da aprendizagem cumprida e como referências bibliográficas.
 - 5.4. Fornecer recompensas para boa performance.
6. Divulgar os resultados da aprendizagem.
 - 6.1. Acompanhar o progresso dos relatórios individuais por meios visuais.
 - 6.2. Acompanhar as dificuldades encontradas e tirar conclusões.
 - 6.3. Avaliar o programa global em base da realimentação recebida pelos relatórios e apresentações orais.
 - 6.4. Modificar o programa para melhorar os resultados.

Quadro 2 - Projeto básico de unidades de processamento. Programa estrutural das funções.

1. Tomar conhecimento do projeto global da fábrica, suas ramificações e trabalhos já executados.
2. Escolher o tema específico a ser desenvolvido individualmente. Definir objetivos. Dividir o projeto em etapas. Elaborar cronograma de execução. Escrever a introdução do relatório.
3. Executar o projeto individual. Segundo o tema tratado são exigidas várias das seguintes atividades: Estudar literatura disponível - Preparar balanços e fluxogramas de balanço - Dimensionar peças de equipamento - Fornecer roteiros de cálculo - Preparar diagramas de lay-out e vistas isométricas - Detalhar linhas de transferência - Detalhar sistemas de controle - Preparar fluxogramas de tubulação e instrumentação - Especificar máquinas hidráulicas.
4. Divulgar os resultados: Fornecer lista de resultados. Redigir texto do relatório. Apresentar oralmente o trabalho cumprido.
5. Fechar o circuito: Apreciar a contribuição individual feita ao projeto global. Apreciar o progresso conseguido no projeto global pelo conjunto dos trabalhos individuais do período. Prever trabalhos futuros para prosseguimento satisfatório do projeto global.

Quadro 3 - Controle de unidades de processamento. Programa estrutural das funções.**Módulo 1**

- 1.1. Tomar conhecimento do projeto global da fábrica.
- 1.2. Medir o rendimento da fábrica e das suas unidades.
- 1.3. Configurar o sistema de medições e de controle das unidades da fábrica.
- 1.4. Assegurar o desempenho desejado dos equipamentos que compõem cada unidade.

Módulo 2

- 2.1. Configurar laços fechados de controle das variáveis de cada equipamento.
- 2.2. Detalhar os componentes dos laços de controle.

Módulo 3

- 3.1. Avaliar a aptidão dos laços fechados a assegurar o desempenho dos equipamentos.
- 3.2. Compor o melhor algoritmo de controle por realimentação.

Módulo 4

- 4.1. Melhorar a qualidade do controle pelo uso de algoritmos avançados: cascata, antecipação, otimização.
- 4.2. Desenvolver o apoio matemático requerido pelos algoritmos avançados.

Módulo 5

- 5.1. Combinar os algoritmos avançados com os realimentados para formar laços eficientes.
- 5.2. Combinar todos os laços detalhados duma unidade para formar um conjunto eficiente.
- 5.3. Combinar os conjuntos de laços das unidades para formar um sistema global eficiente.
- 5.4. A partir do sistema de laços e de medições existentes, desenvolver o programa mestre que dirige o funcionamento da fábrica e controla seu desempenho e seu rendimento.

Quadro 4 - Controle de unidades de processamento. Tarefas da função 2.1.

Função 2.1. Configurar laços fechados de controle das variáveis de cada equipamento.

Tarefa 2.1.1. Escolher um dos laços de controle do fluxograma de instrumentação.

Tarefa 2.1.2. Enumerar todos os componentes deste laço e suas respectivas funções.

Tarefa 2.1.3. Determinar forma e unidade dos sinais que circulam neste laço. Indicar as conversões necessárias.

Tarefa 2.1.4. Dar o ganho estacionário deste laço. Em caso de dificuldade, retornar após ter aprendida a função 2.2.

Quadro 5 - Controle de unidades de processamento. Solicitação de trabalho individual.

PRO - EQ Consultoria e Projetos S.C. Memorando interno

Assunto: Roteiro de projetos - etapa 2

Para: Participantes

De: Coordenador

Data: "hoje"

A etapa 2 do relatório de projeto corresponde às tarefas cumpridas no módulo 2 do programa estrutural.

Ela consiste dos seguintes itens:

1. Escolha dum dos controles propostos no memorando interno de "ontem".
2. Diagrama esquemático do laço de controle em cogitação.
3. Enumeração de todos os componentes do laço. Fornecer nome, faixa de operação, sinais recebidos e emitidos.
4. Definição do regime permanente de operação deste laço conforme projeto.
5. Construção do modelo matemático do laço.
6. Determinação do ganho estacionário do laço.

Exige-se memorando de encaminhamento. Prazo: "amanhã". Grato.

Quadro 6 - Esquema de avaliação do relatório técnico parcial ou total

1. Pontualidade de entrega.
2. Qualidade global da apresentação.
3. Qualidade da redação.
4. Nível técnico do trabalho.
5. Qualidade dos cálculos apresentados.
6. Qualidade dos desenhos apresentados.

Nota: Relatórios inconformes com o formato exigido ou com cotação abaixo de 50% são recusados. Relatórios com cotação acima de 50% podem ser devolvidos para reelaboração se o controle de qualidade determinar sua inutilidade para o projeto global.

Aquisição e Processamento de Dados via Microcomputador: Uma Experiência Didática da Disciplina Eng. 353 - Instrumentação na Engenharia Mecânica da UFRGS

Milton A. Zaro ¹
Rosa Leamar Blanco ²
Carlos A. Thomas ³
Jacques D. Brancher ⁴

ZARO, Milton A.; BLANCO, Rosa Leamar; THOMAS, Carlos A.; BRANCHER, Jacques D. Aquisição e processamento de dados via microcomputador: uma experiência didática na disciplina Eng. 353 - Instrumentação, na engenharia mecânica da UFRGS. *Rev. ensino Eng.*, São Paulo 8(1): 34-38, 1ª sem 1989

Montado em 1979, o Laboratório de Instrumentação faz parte do Departamento de Engenharia Mecânica da UFRGS e do PROMEC - Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Este trabalho resume uma das aulas práticas que foi agregada ao curso: o uso de microcomputador na coleta e processamento de dados. Este procedimento faz parte da filosofia do grupo de permanentemente avaliar o conteúdo da disciplina ENG 353: Instrumentação, no sentido de aprimorá-la e fornecer aos estudantes as técnicas mais importantes disponíveis nas indústrias.

Instrumentação, Microcomputador, Aquisição de dados.

ZARO, Milton A.; BLANCO, Rosa Leamar; THOMAS, Carlos A.; BRANCHER, Jacques D. Data acquisition and processing via microcomputer: a didatic experience in the Eng. 353 - instrumentation course at the UFRGS mechanical engineering *Rev. ensino Eng.*, São Paulo 8(1): 34-38, 1ª sem 1989

The purpose of this paper is to describe one lecture of the Course ENG - 353 "Instrumentation". The subject is: "Data Acquisition and Processing via Microcomputer". This is a sophisticated technique already used for many industries and now available to undergraduate and graduate students.

The laboratory of Instrumentation, where this course is run, has been set up by 1979. Since then, it is a normal procedure to evaluate the courses as often as possible so that new techniques can be introduced.

Instrumentation, Microcomputers, data acquisition.

¹Prof. Adjunto. Depto. de Eng. Mecânica - UFRGS

²Prof^a Assistente. Depto. de Eng. Mecânica - UFRGS

³Eng^o Elétrico. Depto. de Eng. Mecânica - UFRGS

⁴Graduando em Ciência da Computação, PUCRS, Bolsista de Inic. Científica - CNPq. Depto. de Eng. Mec. - UFRGS

1. Introdução

Em 1979, o Depto. de Eng. Mecânica da UFRGS promoveu uma experiência inédita, em termos de Brasil: implantou o Laboratório de Instrumentação e a disciplina ENG 353 - Instrumentação, com uma filosofia e metodologia peculiares. Esta disciplina abrange 4 turmas de no máximo 12 alunos cada, sendo que o laboratório permanece aberto o dia todo, com técnico à disposição, para os alunos interessados em aprofundar os conteúdos e experimentos abordados em aula, bem como para a realização de trabalhos adicionais ou mesmo pequenas pesquisas, sob a supervisão dos professores. Ao longo dos anos tentou-se aperfeiçoar a disciplina e um dos subprodutos resultante diz respeito aos livros editados pelos professores/pesquisadores da área de Instrumentação:

- Instrumentação: Guia de Aulas Práticas: Ed. UFRGS, 1982.
- Strain Gages - Extensômetros de Resistência Elétrica: Ed. UFRGS, 1982.
- Termopares - Teoria e Prática: Ed. Mercado Aberto, 1986.

Neste último ano, além das aulas práticas propriamente ditas, passou-se a exigir um *trabalho experimental* que deveria ser realizado ao longo do semestre; dentre os trabalhos realizados, podemos salientar: projetos, construção e calibração de células de carga tipo anel (à base de strain gages) para 1 tonf; projeto, construção e calibração de sistema indutivo para medição de deslocamento e deformação; projeto, construção e calibração de torquímetro;

análise experimental do desempenho de suspensão de moto Honda XL-250 (com monitoramento via micro).

Assim, o próprio conteúdo programático foi sendo mudado, ao longo destes 10 anos, de maneira que, no 1º semestre de 1988 foram introduzidas duas aulas práticas de grande relevância:

- o laser e suas aplicações;
- aquisição e processamento de dados via microcomputador. É este último experimento que vamos abordar mais detalhadamente.

Durante vários anos o estudo de situações ligadas à transferência de calor foi desenvolvido basicamente a partir de experimentos envolvendo registro do resfriamento de barras (cilíndricas preferencialmente) com termopares adaptados, cujos sinais eram levados a um registrador potenciométrico. Este tipo de equipamento ainda é utilizado. Entretanto, as possibilidades de aquisição e registro de sinais foram ampliadas quando o laboratório adquiriu seu primeiro microcomputador.

O primeiro sistema de aquisição de dados baseado em microcomputador consistiu num micro PC-Solution 16, da Prológica; placa AD/DA da LOGITEC; impressora P-500 S, da Prológica. Como a placa AD/DA tem entrada de 0 a 9V, para operar com termopares, que produzem sinais da ordem de mV, torna-se conveniente amplificar estes sinais. Assim sendo, foi projetado e construído, no próprio laboratório, um amplificador com 8 canais (ou seja, 8 termopares podem ser operados simultaneamente), como mostra a figura 1.

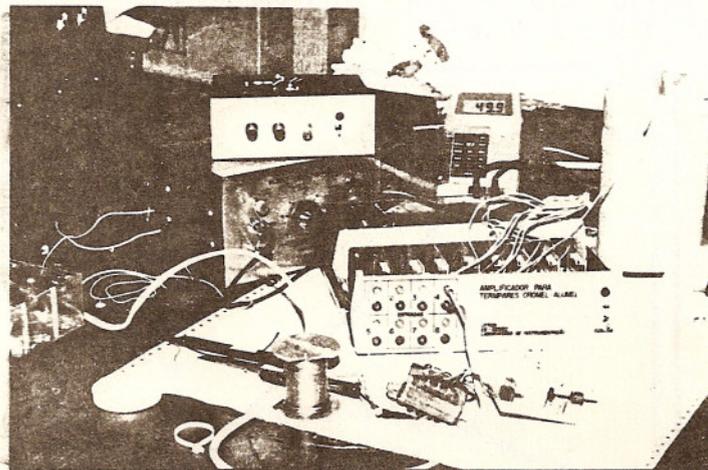


Figura 1. Amplificador para 08 canais, projetado e construído pelo pessoal do Laboratório de Instrumentação.

O experimento escolhido para explorar, então, o uso do micro, foi o "RESFRIAMENTO DE BARRA METÁLICA", do livro "TERMOPARES - Teoria e

Prática". Neste experimento, são abordados aspectos que vão desde a preparação dos termopares a serem adaptados na amostra, até a resolução da

equação de Laplace e conseqüente comparação dos dados experimentais com os dados previstos pela solução da referida equação diferencial para coordenadas cilíndricas.

No segundo semestre de 1988, além do experimento com a barra metálica, passou-se a explorar a fundição de pequenas quantidades de ligas de Al-Si-Mg, dando-se ênfase, então, à chamada Análise Térmica Diferencial (DTA).

A figura 2, mostra uma curva de resfriamento de uma destas ligas Al-Si-Mg, obtida com o sistema

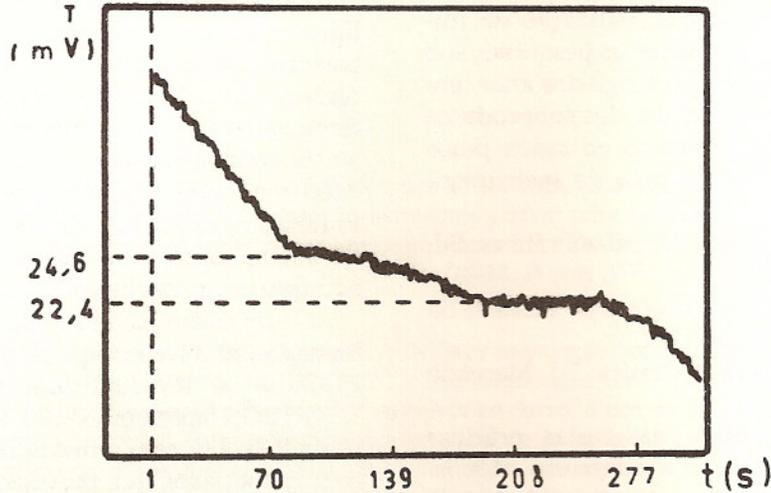


Figura 2. Curva de resfriamento de liga Al-Si-Mg, sem filtragem.

parado, com filtragem eletrônica. Com a filtragem, pode-se ter uma melhor leitura das temperaturas liquidus e solidus, mas, diversos experimentos realizados com a liga Al-Si-Mg não apresentaram superesfriamento (colocando um registrador potenciométrico em paralelo, o superesfriamento

anteriormente descrito. É possível observar os patamares correspondentes às temperaturas "liquidus" e "solidus" mas o superesfriamento não é visível (mesmo que a curva seja filtrada).

Dependendo do grau de precisão requerido, torna-se necessário "filtrar" o sinal, o que pode ser feito eletronicamente ou via "software"; a figura 3 mostra a curva de resfriamento de um termopar tipo K, bainha de inox ($\phi = 1,5$ mm) esfriado ao ar

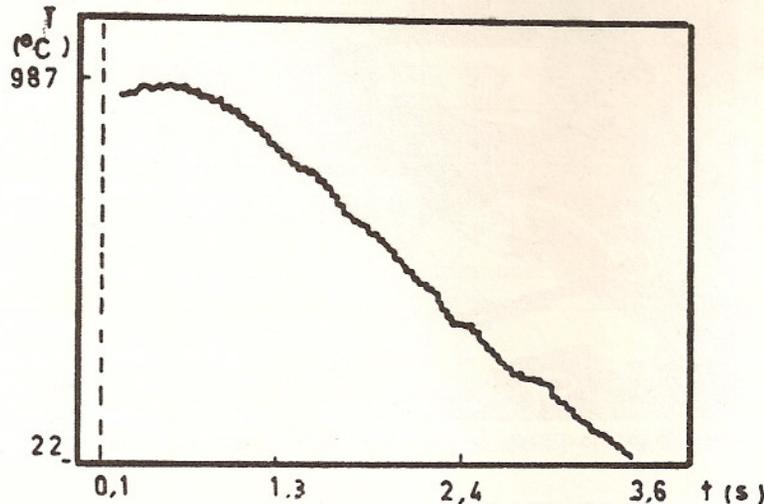


Figura 3. curva de resfriamento de termopar tipo k, $\phi = 1,5$ mm, bainha de inox, ao ar parado.

aparecia e era perfeitamente mensurável $\sim 2^\circ\text{C}$). Desta maneira, o equipamento não mostrou-se sensível o suficiente para detectar certos fenômenos que podem ser importantes, dependendo do objetivo do experimento.

Posteriormente, foi possível adquirir um novo sistema: um micro (com co-processador numérico, placa EGA, vídeo colorido) tipo PC x-t; placa AD/DA da IEC; plotter marca EPSON HI-80.

Desta maneira, mesmo sem filtragem alguma, tornou-se possível visualizar com muito mais detalhamento os fenômenos associados a uma curva de resfriamento, como mostra a figura 4.

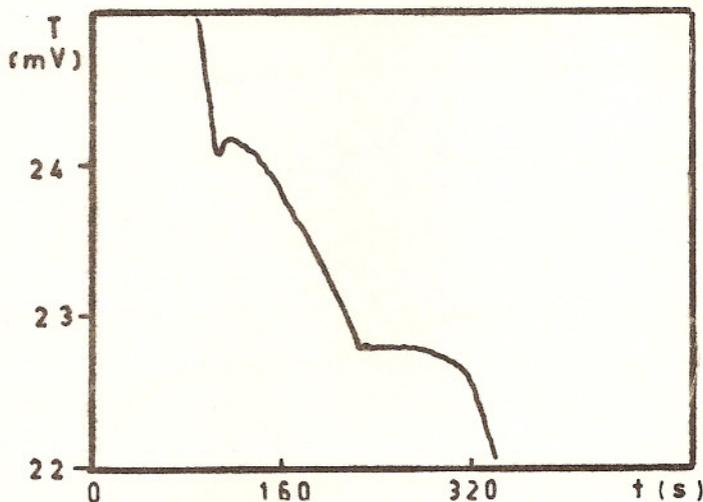


Figura 4. Curva de resfriamento de Al-Si-Mg, com novo sistema de aquisição de dados (PCXT, placa AD/DA IEC, placa EGA, coprocessador numérico).

A análise das curvas de resfriamento via microcomputador tem recebido um estímulo muito grande devido à sua aplicação: é possível, através da determinação do superesfriamento obter dados do tamanho de grãos da peça em estudo e por sua vez, as propriedades mecânicas dependem do tamanho do grão. Desta maneira, é possível fundir

uma peça e dois ou três minutos depois saber uma série de parâmetros que poderiam levar dias para obter (além do que os ensaios mecânicos convencionais envolvem preparação de corpos de prova, máquinas de ensaio à tração, equipamento para metrografia, durômetros,...).

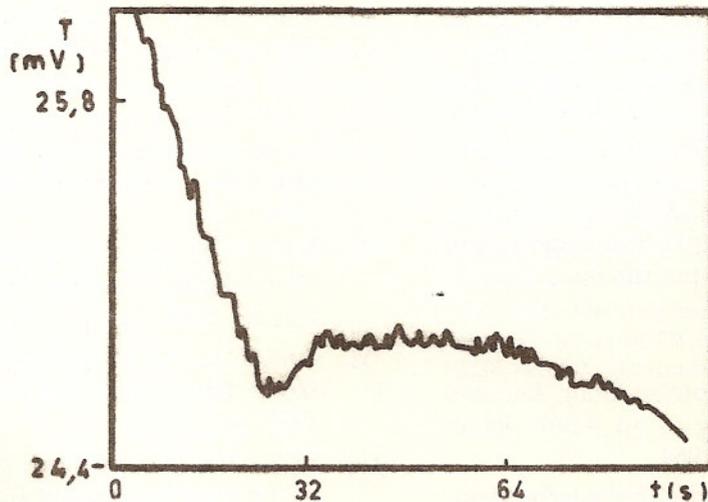


Figura 5. Detalhe de curva anterior, na região do superesfriamento.

2. Conclusões

Fica fácil observar a riqueza de informações e aspectos que podem ser explorados neste tipo de aula, dentre as quais podemos salientar:

- operar com termopares;
- operar com forno - preparação de liga de Al;
- retirada de cadinho e vazamento do metal no molde onde está instalado o termopar -

manuseio de ferramental adequado à fundição (vestimenta protetora - luvas, pinças,...);

- aquisição de dados via microcomputador ($mV \times t$);
- filtragem do sinal (eliminação de ruído via software);

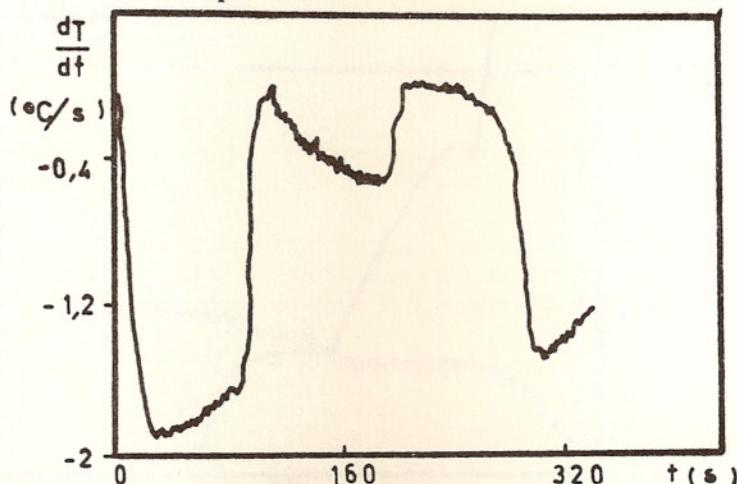


Figura 6. Primeira derivada de uma curva de resfriamento similar à da figura 4.

- conversão da curva $mV \times s$ para $T \times s$;
- cálculo da primeira derivada;
- determinação do superesfriamento - determinação do tamanho de grão e propriedades mecânicas (resistência à tração, dureza);
- plotagem dos gráficos:
 - $T \times t$
 - $dT/dt \times t$

No momento, o software que está sendo usado para aquisição de dados e tratamento matemático dos mesmos não foi elaborado pelos próprios alunos; entretanto, é óbvio que o professor interessado neste tipo de trabalho poderia atribuir a cada componente de um determinado grupo, uma tarefa: um dos alunos poderia ficar encarregado do software de aquisição de dados; outro poderia ficar encarregado de derivação numérica e assim por diante.

3. Bibliografia

- CHARBONIER, J. "Microprocessador Assisted thermal Analysis Testing of Al Alloy Structures" AFS Transactions, 1984.
- MARINCEK, B. "Erweiterte Thermische Analyse Zur Qualitätssicherung Bei Grau Erstarrenden", Giesserei 71, n 15, 1984.
- GUNTHER, B. e JÜRGENS, H. "Automatisierte Durchführung der Thermischen Analyse Zur Ermittlung", Giesserei 71, 1984.
- CAST METAL INSTITUTE "Proceedings of the Conference on Thermal Analysis of Molten Aluminum", 1984.
- LANGIER, A. "Standardization on Thermal Analysis", Journal of Thermal Analysis, 1984.
- SIGWORTH, G. K. "Theoretical and Practical Aspects of the Modification of Al-Si Alloys", AFS, 1983.
- LEVY, S. A. e KIRBY, J. L. "The use of Undercooling Measurements to Evaluate Grain Size of Wrought Al Alloys" AIMEE Annual Meeting, 1984.
- ZARO, M. A.; BLANCO, R. L.; RAMOS, L. "Termopares - Teoria e Prática", Ed. Mercado Aberto, 1986.
- ZARO, M. A.; BORCHARD, I. G. "Instrumentação: Guia de Aulas Práticas", Ed. UFRGS, 1982.
- EKPOOM, U.; "Thermal Analysis of Malleable White Iron for Quality Control", Doct. Thesis, Univ. Wisconsin, USA, 1980.

Definições e Cálculos de Velocidades Específicas em Processos Fermentativos

Walter Borzani ¹

Borzani, Walter. Definições e cálculos de velocidades específicas em processos fermentativos. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo 8(1): 39-47, 1ª sem. 1989

Este artigo tem por finalidade mostrar em que condições as definições de velocidades específicas usualmente adotadas podem ser aplicadas a casos reais.

Velocidades específicas, Cinética de processos fermentativos.

Borzani, Walter. Definitions and calculations of specific rates in fermentation processes. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo 8(1): 39-47, 1ª sem. 1989

The purpose of this article is to show under what conditions the usually adopted definitions of specific rates can be applied to actual system.

Specific rates, Fermentation kinetics

1. Introdução

As velocidades específicas de crescimento de microrganismo, de formação de um produto e de consumo de um substrato em um processo fermentativo, são parâmetros importantes no estudo da cinética desse processo.

Em um dado instante t do processo em apreço, essas velocidades são comumente definidas do seguinte modo^[1]:

a) velocidade específica de crescimento do microrganismo:

$$\mu_X = \frac{1}{X} \frac{dX}{dt} \quad (1)$$

b) velocidade específica de formação do produto:

$$\mu_P = \frac{1}{X} \frac{dP}{dt} \quad (2)$$

c) velocidade específica de consumo do substrato:

$$\mu_S = -\frac{1}{X} \frac{dS}{dt} \quad (3)$$

sendo X , P e S , respectivamente, as concentrações do microrganismo, do produto e do substrato no instante considerado.

Nessas definições, $\frac{dX}{dt}$, $\frac{dP}{dt}$ e $-\frac{dS}{dt}$ são, respectivamente, as velocidades de crescimento do microrganismo, de formação do produto e de consumo do substrato no instante t .

¹Professor Pleno da Escola de Engenharia Mauá do Instituto Mauá de Tecnologia (Estrada das Lágrumas, 2035 - 09580 - São Caetano do Sul - SP)

Na aplicação das definições representadas pelas equações (1) a (3) é preciso não esquecer que o volume de meio deve ser constante e, ainda, que não deve haver introdução nem retirada de microrganismo, de produto e de substrato do reator (esta "retirada" de materiais é, por vezes, consequência de arraste ou de evaporação, conforme o caso). Se estas condições não forem obedecidas, $\frac{dX}{dt}$, $\frac{dP}{dt}$ e $\frac{dS}{dt}$ não serão as velocidades de crescimento do microrganismo, de formação do produto e de consumo do substrato, respectivamente.

Além disso, é preciso lembrar que, enquanto a concentração microbiana é medida em relação ao volume de meio em fermentação, as concentrações de produto e de substrato são quase sempre determinadas no líquido isento de células. Em outras palavras, sendo, no instante t:

M_X = massa de microrganismo (material seco) existente no fermentador;

M_P = massa de produto existente no fermentador;

M_S = massa de substrato existente no fermentador;

V_T = volume de meio em fermentação;

V_L = volume de meio isento de células;

tem-se:

$$X = \frac{M_X}{V_T} \quad (4)$$

$$P = \frac{M_P}{V_L} \quad (5)$$

$$S = \frac{M_S}{V_L} \quad (6)$$

Decorre, do que foi resumidamente exposto, a necessidade, principalmente em cursos de Engenharia Bioquímica, de adotar definições mais gerais e, em seguida, mostrar que as definições (1) a (3) poderão ser aplicadas quando determinadas condições forem obedecidas.

2. Definição de velocidade específica

Se no intervalo de tempo dt , contado a partir do instante t , as variações das massas de microrganismo (material seco), de produto e de substrato, como consequência da atividade microbiana, forem, respectivamente, $(dM_X)_m$, $(dM_P)_m$ e $(dM_S)_m$, define-se:

a) velocidade específica de crescimento do microrganismo no instante t:

$$\mu_X = \left(\frac{1}{M_X} \right) \cdot \frac{(dM_X)_m}{dt} \quad (7)$$

b) velocidade específica de formação de produto no instante t:

$$\mu_P = \left(\frac{1}{M_X} \right) \cdot \frac{(dM_P)_m}{dt} \quad (8)$$

c) velocidade específica de consumo de substrato no instante t:

$$\mu_S = \left(\frac{1}{M_X} \right) \cdot \frac{(dM_S)_m}{dt} \quad (9)$$

3. Ralação entre V_T e V_L

O volume de meio em fermentação, em um dado instante t , é dado por:

$$V_T = V_L + V_C \quad (10)$$

sendo V_C o volume ocupado pelas células naquele instante.

Indicando com σ o teor de matéria seca do microrganismo e com ρ a massa específica do microrganismo úmido, teremos:

$$V_C = \frac{M_X}{\sigma \rho} = X \cdot \frac{V_T}{\sigma \rho} \quad (11)$$

As equações (10) e (11) conduzem a:

$$V_L = V_T \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right) \quad (12)$$

equação esta que nos permite estabelecer um critério para poder verificar em que condições V_T e V_L podem ser considerados "praticamente iguais".

Suponhamos, para fixar idéias, que o método analítico utilizado na determinação da concentração do produto (P) nos permita afirmar que, com uma certa probabilidade, o valor dessa concentração pertence ao intervalo $P(1 \pm \alpha)$. Nestas condições, a massa de produto será $V_L \cdot P(1 \pm \alpha)$. Se o valor $V_T \cdot P$ (que é maior do que $V_L \cdot P$) estiver contido nesse intervalo, podemos dizer que V_L e V_T são "praticamente iguais" se:

$$V_L \cdot P (1 + \alpha) > V_T \cdot P \quad (13)$$

As expressões (12) e (13) conduzem a:

$$X < \sigma \cdot \rho \cdot \frac{\alpha}{1 + \alpha} \quad (14)$$

Se a (14) for obedecida, V_T e V_L serão considerados "praticamente iguais".

No caso de levedura, por exemplo, os valores de σ e ρ são, em média, iguais a 0,30 e $1,1 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$,

respectivamente. Se o valor de α for 0,22 (isto é, se uma incerteza de 2% afeta a medida de P) a (14) nos dará:

$$X < 6,5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$$

ou seja, se a concentração microbiana for inferior a $6,5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (material seco), os valores de V_T e V_L serão considerados praticamente iguais.

4. Fermentação em batelada

4.1. Velocidade específica de crescimento do microrganismo

Consideremos o sistema em um dado instante t durante o andamento da fermentação. As equações (4) e (7) conduzem a:

$$\mu_X = \frac{1}{X} \frac{dX}{dt} + \frac{1}{V_T} \left(\frac{dV_T}{dt} \right) \quad (15)$$

Várias são as causas que podem acarretar uma variação apreciável do volume de meio em fermentação, devendo ser citadas:

- adição de solução de ácido ou de hidróxido para controle do pH;
- adição de anti-espumante;

- evaporação e/ou arraste de materiais;
- formação de produto que acarrete variação de volume (etanol, por exemplo).

Se não houver variação de volume ($\frac{dV_T}{dt} = 0$) resulta:

$$\mu_X = \frac{1}{X} \frac{dX}{dt} \quad (16)$$

A título de exemplo, a figura 1 apresenta as curvas de crescimento do microrganismo e de aumento de volume do meio (por adição de anti-espumante e de solução de hidróxido para controle do pH) em um processo fermentativo. Se quisermos colher a velocidade específica de crescimento do microrganismo no instante $t = 4 \text{ h}$, teríamos, pela (15):

$$\mu_X = \frac{1}{3,6} 1,16 + \frac{1}{10,11} 0,067 = 0,33 \text{ h}^{-1}$$

A aplicação da (16) daria:

$$\mu_X = 0,32 \text{ h}^{-1}$$

Levando-se em conta a incerteza que afeta o valor da velocidade, a influência da variação do volume, neste caso, pode ser desprezada.

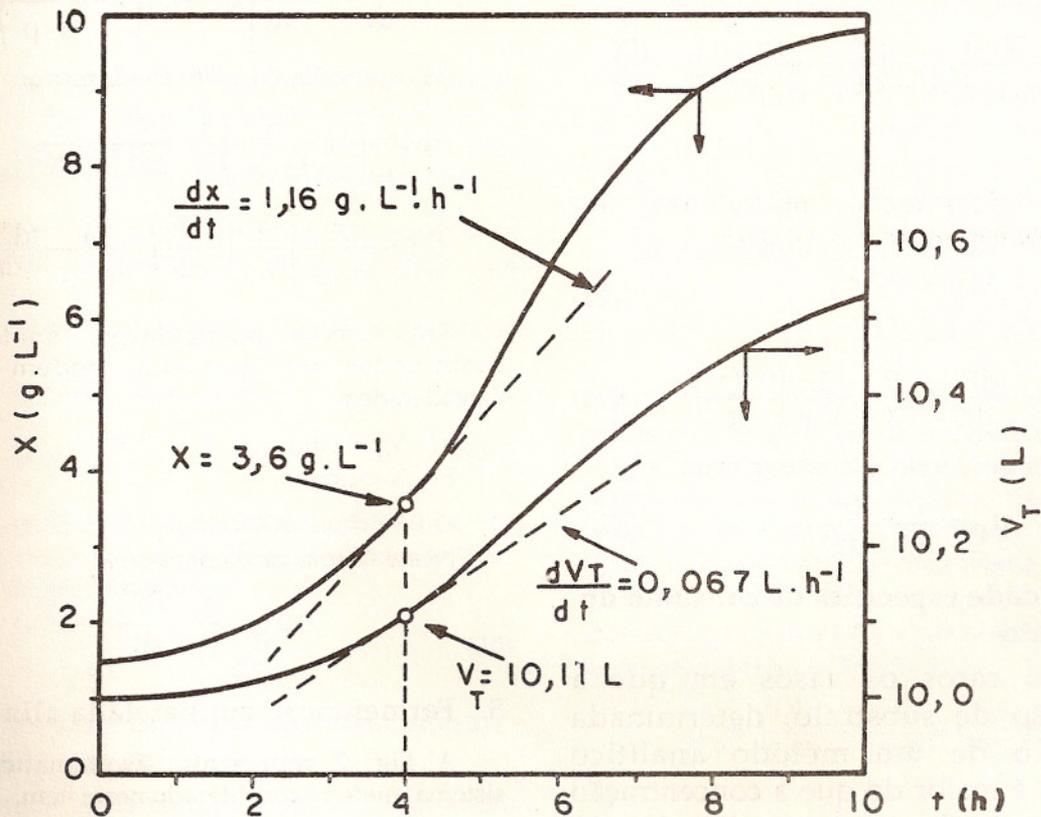


Figura 1. Variação, com o tempo, da concentração microbiana (X) e do volume total de meio (V_T) em uma fermentação em batelada.

4.2. Velocidade específica de formação do produto

Pelas equações (5) e (12) tem-se:

$$M_P = P \cdot V_T \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right) \quad (17)$$

Logo:

$$\frac{(dM_P)_m}{dt} = V_T \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right) \frac{dP}{dt} + P \left[\left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right) \left(\frac{dV_T}{dt} \right) - \left(\frac{V_T}{\sigma \cdot \rho} \right) \frac{dX}{dt} \right] \quad (18)$$

Combinado a (4), a (8) e a (18) vem:

$$\mu_P = \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right) \frac{1}{X} \frac{dP}{dt} + \frac{P}{X} \left[\left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right) \left(\frac{1}{V_T} \right) \left(\frac{dV_T}{dt} \right) - \frac{1}{\sigma \cdot \rho} \frac{dX}{dt} \right] \quad (19)$$

que nos permite calcular μ_P em cada instante.

Se a variação de V_T for desprezível ($\frac{dV_T}{dt} \approx 0$), teremos:

$$\mu_P = \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right) \frac{1}{X} \frac{dP}{dt} - \frac{P}{\sigma \cdot \rho} \frac{1}{X} \frac{dX}{dt} \quad (20)$$

Se a concentração microbiana for suficientemente baixa (isto é, $X \ll \sigma \cdot \rho$):

$$M_P = P \cdot V_T \quad (21)$$

e, então:

$$\mu_P = \frac{1}{X} \frac{dP}{dt} + \frac{P}{X} \frac{1}{V_T} \left(\frac{dV_T}{dt} \right) \quad (22)$$

Finalmente, se $V \equiv \text{cte.}$ e $X \ll \sigma \cdot \rho$, vem:

$$\mu_P = \frac{1}{X} \frac{dP}{dt} \quad (23)$$

4.3. Velocidade específica de consumo de substrato

Não são raros os casos em que a concentração de substrato, determinada com auxílio de um método analítico apropriado, é maior do que a concentração de substrato realmente assimilável pelo microrganismo.

Nestas condições, sendo, em um dado instante t :

M_S = massa de substrato assimilável;

M'_S = massa de substrato não assimilável;

M''_S = massa de substrato determinada pelo método analítico adotado;

tem-se:

$$M_S = M''_S - M'_S \quad (24)$$

Indicando com S'' a concentração de substrato determinada analiticamente, resulta:

$$M_S = S'' \cdot V_T \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right) - M'_S \quad (25)$$

Considerando que M_S é constante durante todo o processo fermentativo [(dM_S/dt) = 0], a (25) fornece:

$$\frac{(dM_S)_m}{dt} = \frac{d}{dt} \left[S'' \cdot V_T \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right) \right] \quad (26)$$

As expressões (9) e (26) conduzem a:

$$-\mu_S = \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right) \frac{1}{X} \frac{dS''}{dt} + \frac{S''}{X} \left[\left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right) \frac{1}{V_T} \left(\frac{dV_T}{dt} \right) - \frac{1}{\sigma \cdot \rho} \frac{dX}{dt} \right] \quad (27)$$

Três casos particulares, análogos aos examinados no item 4.2, podem aqui ser considerados:

a) $V_T \equiv \text{cte.}$;

b) $X \ll \sigma \cdot \rho$

c) $V_T \equiv \text{cte.}$ e $X \ll \sigma \cdot \rho$

Neste último caso chega-se a:

$$-\mu_S = \frac{1}{X} \frac{dS''}{dt} \quad (28)$$

5. Fermentação em batelada alimentada

A Fig. 2 representa, esquematicamente, o sistema que será considerado neste item.

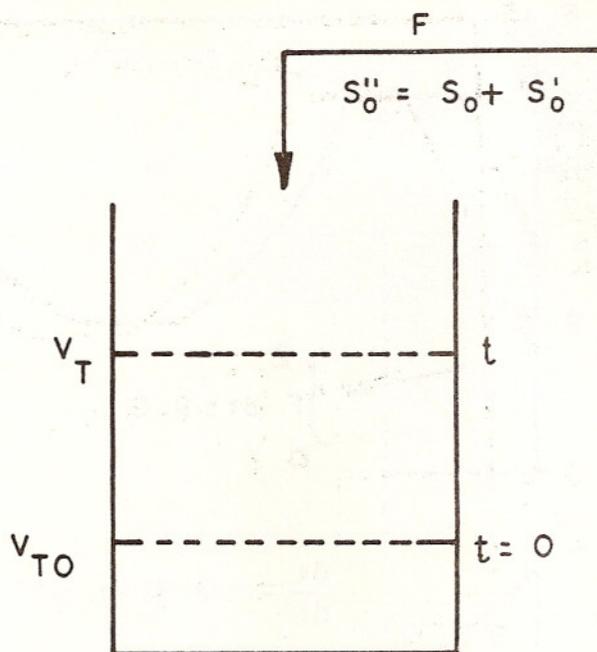


Figura 2 — Variação, com o tempo, da concentração microbiana (X) e do volume total de meio (V_T) em uma fermentação em batelada.

Sejam:

V_{T_0} = volume do inóculo;

F = vazão de alimentação do fermentador no instante t ;

S_0 = concentração de substrato, determinada analiticamente, no meio enviado ao fermentador;

S'_0 = concentração de substrato, assimilável pelo microrganismo, no meio enviado ao fermentador;

S''_0 = concentração de substrato, não assimilável pelo microrganismo, no meio enviado ao fermentador;

V_T = volume de meio em fermentação no instante t .

Neste caso pode-se escrever:

$$V_T = V_{T_0} + \int_0^t F \cdot dt + v \quad (29)$$

sendo v a variação de volume do meio por outros motivos que não a alimentação do fermentador (ver item 4.1). Conseqüentemente:

$$\frac{dV_T}{dt} = F + \frac{dv}{dt} \quad (30)$$

5.1. Velocidade específica de crescimento do microrganismo

Já vimos que as equações (4) e (7) permitem concluir:

$$\mu_x = \frac{1}{X} \frac{dX}{dt} + \frac{1}{V_T} \cdot \frac{dV_T}{dt} \quad (15)$$

que, combina com as expressões (29) e (30), leva a:

$$\mu_x = \frac{1}{X} \frac{dX}{dt} + \left[F + \frac{dv}{dt} \right] \cdot \left[V_{T_0} + \int_0^t F \cdot dt + v \right]^{-1} \quad (31)$$

Se o valor de v for desprezível ($v \cong 0$), teremos:

$$\mu_x = \frac{1}{X} \frac{dX}{dt} + F \left[V_{T_0} + \int_0^t F \cdot dt \right]^{-1} \quad (32)$$

que nos permite calcular μ_x , em cada instante do processo, durante a fase de enchimento do reator.

Suponhamos, como exemplo numérico, o caso representado na Fig. 3. Essa figura mostra a variação, com o tempo, da vazão de alimentação do reator e da concentração microbiana durante a fase de enchimento. Admitamos que V_{T_0} (volume do inóculo) seja igual a 2,0 l e que nos interesse calcular μ_x no instante $t = 2$ h. Teremos:

$$\mu_x = \frac{-0,48}{2,3} + \frac{5,0}{11,0} = 0,25 \text{ h}^{-1}$$

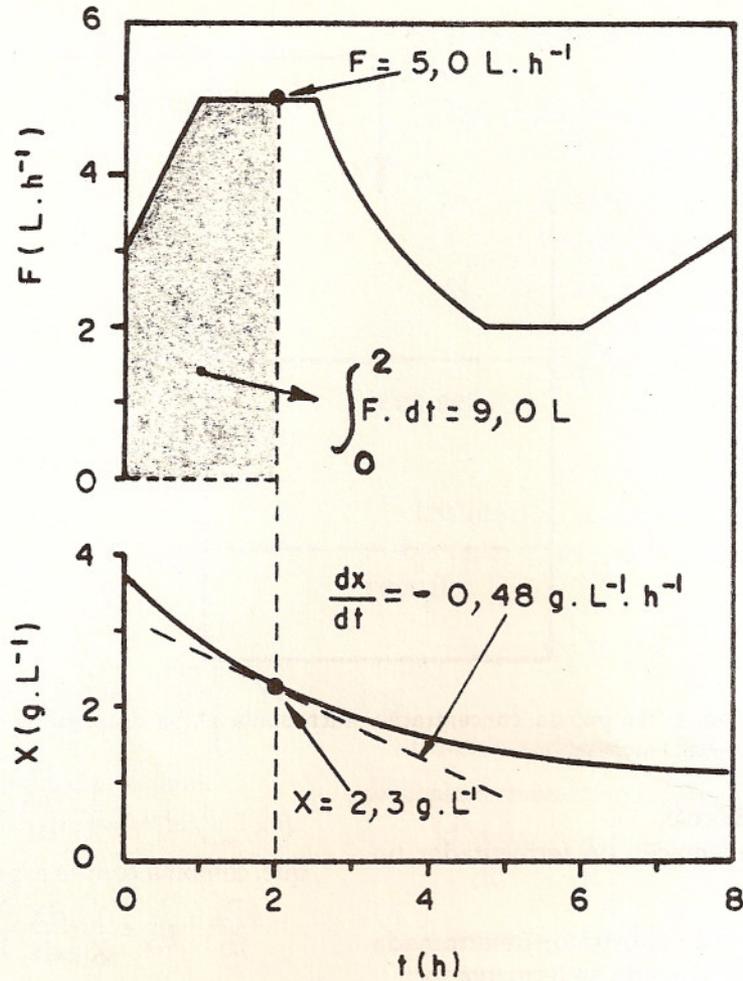


Figura 3 — Variação, com o tempo, da concentração microbiana (X) e da vazão de alimentação do reator (F) em processo fermentativo em batelada alimentada.

5.2. Velocidade específica de formação do produto

As equações (19), (29) e (30) conduzem a:

$$\mu_p = \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) \cdot \frac{1}{X} \frac{dP}{dt} + \frac{P}{X} \left\{ \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) \left[F + \frac{dv}{dt} \right] \left[V_{T_0} + \int_0^t F \cdot dt + v \right]^{-1} - \frac{1}{\sigma \cdot \rho} \frac{dX}{dt} \right\} \quad (33)$$

Varição da massa do substrato não assimilável, no reator.

No caso, bastante freqüente, de ser $X \ll \sigma \cdot \rho \cong 0$, teremos:

$$\mu_p = \frac{1}{X} \frac{dP}{dt} + \frac{P}{X} F \left[V_{T_0} + \int_0^t F \cdot dt \right]^{-1}$$

5.3. Velocidade específica de consumo do substrato

Façamos inicialmente o balanço material: intervalo de tempo t — $t + dt$, da fração de substrato não assimilável pelo microrganismo. Teremos:

= Massa de substrato não assimilável introduzida no reator.

$$V_L dS' = S_0 \cdot F \cdot dt$$

$$\frac{dS}{dt} = \frac{F \cdot S_0}{V_L} = F \cdot S_0 \left[V_T \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right) \right]^{-1} \quad (35)$$

Varição da massa do substrato assimilável, no reator.

= Massa de substrato assimilável introduzida no reator.

+ Variação da massa de substrato assimilável, pela ação microbiana.

$$V_L dS = S_0 F \cdot dt + (dM_S)_m$$

$$\frac{(dM_S)_m}{dt} = V_L \frac{dS}{dt} - F \cdot S_0$$

$$\mu_S = \frac{1}{M_X} \cdot \frac{(dM_S)_m}{dt} = \frac{V_L}{X \cdot V_T} \cdot \frac{dS}{dt} - \frac{F \cdot S_0}{X \cdot V_T} =$$

$$= \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right) \frac{1}{X} \frac{dS}{dt} - \frac{F \cdot S_0}{X \cdot V_T} \quad (36)$$

Mas:

$$S = S'' - S'$$

Logo:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{dS''}{dt} - \frac{dS'}{dt} \quad (37)$$

As equações (35) e (37) levam a:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{dS''}{dt} - \frac{F \cdot S_0}{V_T \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right)} \quad (38)$$

Substituindo a (38) na (36), vem:

$$\mu_S = \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho} \right) \frac{1}{X} \frac{dS''}{dt} - \frac{F \cdot S_0}{X \cdot V_T} \quad (39)$$

Varição da massa de microrganismo no reator

= Massa de microrganismo introduzida no reator.

+

Massa de microrganismo produzida no reator.

-

Massa de microrganismo retirada do reator.

$$V_T dX = X_0 F \cdot dt + (dM_X)_m - X \cdot F \cdot dt$$

$$\frac{(dM_X)_m}{dt} = V_T \frac{dX}{dt} + F(X - X_0) \quad (41)$$

E o valor de μ_X será:

Passemos agora ao balanço material da fração assimilável do substrato pelo microrganismo, no mesmo intervalo de tempo:

No caso particular de ser $X \ll \sigma \cdot \rho$ e $v \cong 0$, a (39) nos dá:

$$\mu_S = \frac{F \cdot S_0}{X} \left[V_{T_0} + \int_0^t F \cdot dt \right]^{-1} - \frac{1}{X} \frac{dS''}{dt} \quad (40)$$

6. Fermentação contínua em reator de mistura

Consideremos o reator de mistura, esquematicamente representado na Fig. 4, em que se realiza uma fermentação contínua.

Neste caso, V_T é o volume de meio em fermentação contido no reator ($V_T = \text{constante}$), X_0 é a concentração microbiana e P_0 é a concentração de produto no meio enviado ao fermentador. A relação $F/V_T = D$ é a vazão específica de alimentação do fermentador.

6.1. Velocidade específica de crescimento do microrganismo

O balanço material do microrganismo, no intervalo de tempo $t-t + dt$, pode ser representado como indicado a seguir:

$$\mu_X = \frac{1}{M_X} \cdot \frac{(dM_X)_m}{dt} = \frac{1}{X} \frac{dX}{dt} + D \left(1 - \frac{X_0}{X} \right) \quad (42)$$

Quando não houver entrada de microrganismos no reator ($X_0 = 0$), a (42) nos dará:

$$\mu_X = \frac{1}{X} \frac{dX}{dt} + D \quad (43)$$

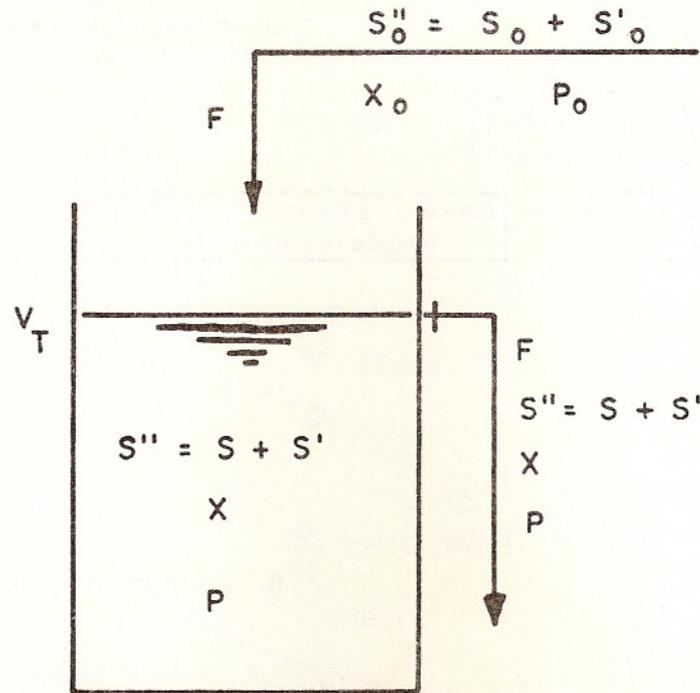


Figura 4 — Representação esquemática de uma fermentação por processo contínuo.

e, finalmente, se o regime for permanente em relação a X $[(dX)/(dt) = 0]$, a (43) fornece:

$$\mu_X = D \quad (44)$$

6.2. Velocidade específica de formação do produto

Um balanço material análogo ao feito no item 6.1, no caso do produto, conduz a:

$$\begin{aligned} V_L dP &= P_0(F \cdot dt) \left(1 - \frac{X_0}{\sigma \cdot \rho}\right) + (dM_{P_m} - P(F \cdot dt) \left(1 - \frac{1}{\sigma \cdot \rho}\right)) \therefore \\ \frac{(dM_{P_m})}{dt} V_T \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) \frac{dP}{dt} + F \left[P \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) - P_0 \left(1 - \frac{X_0}{\sigma \cdot \rho}\right) \right] &\therefore \\ \therefore \mu_P &= \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) \frac{1}{X} \frac{dP}{dt} + \frac{D}{X} \left[P \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) - P_0 \left(1 - \frac{X_0}{\sigma \cdot \rho}\right) \right] \quad (45) \end{aligned}$$

No caso em que $X_0 = 0$, $P_0 = 0$ e $X \ll \sigma \cdot \rho$, teremos:

$$\mu_P = \frac{1}{X} \frac{dP}{dt} + \frac{D \cdot P}{X} \quad (46)$$

Se, além disso, o regime for permanente em relação ao produto $[(dP)/(dt) = 0]$:

$$\mu_P = \frac{D \cdot P}{X} \quad (47)$$

6.3. Velocidade específica de consumo do substrato

Consideremos, em primeiro lugar, a fração de substrato não assimilável pelo microrganismo. O correspondente balanço material conduz a:

$$V \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) dS' = S'_0 (F \cdot dt) \left(1 - \frac{X_0}{\sigma \cdot \rho}\right) - S' (F \cdot dt) \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) \therefore$$

$$\therefore \frac{(dM_p)_m}{dt} V_T \frac{dS'}{dt} = D \left[\frac{1 - \frac{X_0}{\sigma \cdot \rho}}{1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}} S'_0 - S' \right] \quad (48)$$

que, quando $X_0 = 0$ e $X \ll \sigma \cdot \rho$, dá:

$$\frac{dS'}{dt} = D(S'_0 - S') \quad (49)$$

O balanço material da fração assimilável do substrato permite escrever:

$$V \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) dS = S_0 (F \cdot dt) \left(1 - \frac{X_0}{\sigma \cdot \rho}\right) + (dM_s)_m - S (F \cdot dt) \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) \therefore$$

$$\therefore \frac{(dM_s)_m}{dt} = V \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) \frac{dS}{dt} - F \left[\left(1 - \frac{X_0}{\sigma \cdot \rho}\right) S_0 - \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) S \right] \therefore$$

$$\therefore -\mu_s = \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) \frac{1}{X} \frac{dS}{dt} - \frac{D}{X} \left[\left(1 - \frac{X_0}{\sigma \cdot \rho}\right) S_0 - \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) S \right] \quad (50)$$

Lembrando que:

$$S - S'' - S' \therefore \frac{dS}{dt} = \frac{dS''}{dt} - \frac{dS'}{dt} \quad (51)$$

No caso particular de ser $X_0 = 0$ e $X \ll \sigma \cdot \rho$:

$$\mu_s = \frac{D(S''_0 - S'')}{X} \frac{1}{X} \frac{dS''}{dt} \quad (54)$$

e levando em conta a (48), vem:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{dS''}{dt} - D \left[\frac{1 - \frac{X_0}{\sigma \cdot \rho}}{1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}} S'_0 - S' \right] \quad (52)$$

e se o regime for permanente em relação ao substrato ($dS''/dt = 0$), a (54) leva a:

$$\mu_s = \frac{D(S''_0 - S'')}{X} \quad (55)$$

Substituindo a (52) na (50), teremos:

$$\mu_s = \frac{D}{X} \left[\left(1 - \frac{X_0}{\sigma \cdot \rho}\right) S''_0 - \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) S'' \right] - \left(1 - \frac{X}{\sigma \cdot \rho}\right) \frac{1}{X} \frac{dS''}{dt} \quad (53)$$

7. Bibliografia

- [1] Luedeking, R. Fermentation Process Kinetics. In: Biochemical and Biological Engineering Science, N. Blakebrough (Editor), vol. 1, p. 205, Academic Press, London (1967).

ORIENTAÇÃO AOS AUTORES E COLABORADORES DA REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

1 OBJETIVOS E CONTEÚDO

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

O conteúdo da Revista se compõe de:

- a) Forum ABENGE;
- b) Artigos;
- c) Comunicações;
- d) Cartas à redação;
- e) Resumos de Teses.

1.1 Forum ABENGE

Consiste de depoimentos, análises, debates sobre problemas específicos de relevância e atualidade no ensino de engenharia, organizado e programado sob a orientação da Diretoria da ABENGE.

1.2 Artigos

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

1.3 Comunicações

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

1.4 Cartas à redação

Compreendem comunicações curtas, comentários, críticas, sugestões sobre matéria publicada pela Revista ou outros assuntos correlatos.

1.5 Resumos de Teses

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

2 CONDIÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DOS ARTIGOS E COMUNICAÇÕES

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

3 NORMAS PARA APRESENTAÇÃO DOS ORIGINAIS

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

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

Caixa Postal 359
13560 - S. Carlos, SP, Brasil.
Telefone (0162) 71-2234; telex (0162) 275 USPO-BR

3.1 Línguas e extensão do texto

Os trabalhos de autores brasileiros ou de outros países de língua portuguesa devem ser redigidos em português. Os trabalhos originários de países ibero-americanos devem ser redigidos em português ou espanhol. Trabalhos de outras origens poderão ser apresentados em inglês.

A extensão de cada artigo ou comunicação não deve ultrapassar 15 páginas, datilografadas em espaço duplo, em papel ofício A-4.

3.2 Estrutura do texto

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

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

3.2.1 Complementos do texto

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

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

4 INFORMAÇÕES E OUTRAS ORIENTAÇÕES

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

