

Uso dos Recursos da Internet para o Ensino sobre Materiais Poliméricos

Antonio Augusto Gorni e Regina Zayat Gorni

Resumo ? A aplicação dos recursos da informática ao ensino da engenharia percorreu um longo caminho ao longo dos últimos 25 anos, desde as tentativas pioneiras usando os desajeitados *mainframes* até o promissor advento dos recursos multimídia proporcionado pelas plataformas gráficas, como o Windows, e o acesso à Internet através da *World Wide Web*. No caso específico do ensino sobre materiais poliméricos o conteúdo já existente na Internet representa um grande auxílio para enriquecer as aulas expositivas e complementar as atividades extraclasse dos alunos. São apresentados aqui alguns dos recursos mais interessantes disponíveis na Internet sobre esse assunto.

Palavras-chave ? Materiais Poliméricos, Internet, Informática na Educação.

I. A AURORA DO USO DOS COMPUTADORES EM CURSOS DE ENGENHARIA

Há cerca de vinte e cinco anos atrás, a disponibilidade praticamente ilimitada de recursos computacionais de baixo custo que temos hoje seria quase inacreditável. Por sua vez, o atual estudante de engenharia ficaria surpreso com as enormes dificuldades associadas ao uso de computadores naquela época. De fato, os mais poderosos computadores disponíveis na década de 1970 para uso comercial e acadêmico eram os famosos *mainframes* IBM 360 e 370. Eles tinham inacreditáveis (para a época) centenas de Kbytes de memória principal. O IBM 1130, um equipamento mais antigo e limitado, com 32 kBytes de memória principal, ainda se encontrava ativo naquela época. Discos rígidos e fitas magnéticas, com alguns megabytes de capacidade, já se encontravam disponíveis, ainda que a um custo proibitivo para uso pessoal.

O acesso direto a estes monstros era um raro privilégio. Normalmente eles processavam trabalhos em lote: cada usuário tinha de entregar seus programas na forma de *decks* de cartões perfurados ou rolos de fita de papel perfurada. Após algumas horas – ou eventualmente dias, em função de problemas de manutenção ou sobrecarga de trabalho – os resultados do processamento ficavam disponíveis. Frequentemente eles se limitavam a mensagens de erro. Dessa forma, simples projetos de *software* demandavam várias semanas para funcionarem a contento.

Antonio Augusto Gorni, agorni@iron.com.br, Faculdade de Engenharia Industrial – FEI, Av. Marechal Humberto Alencar Castelo Branco 3972, 09850.901, São Bernardo do Campo SP, Tel. +55-11-4109.0200, Fax. +55-11-4109-5994; Regina Zayat Gorni, rzayat@iron.com.br, Fundação Lusíada,

Rua Batista Pereira 265, 11015-100, Santos SP, Tel. +55-13-3235.1311, Fax +55-13-3234.6776.

Trabalho recebido em 15 de dezembro de 2001.

A disponibilidade de *software* era muito restrita. Apenas compiladores FORTRAN e BASIC eram (e ainda são!) comuns, mas suas características de uso eram pouco amigáveis. A compilação, carregamento e execução de um programa requeria alguma familiaridade com misteriosos comandos e códigos do DOS. Processadores de texto, planilhas eletrônicas e a Internet eram meros sonhos dignos de filmes de ficção científica, mesmo porque o acesso direto e interativo ao computador era extremamente restrito.

E, para complicar tudo, o custo do tempo de computadores era altíssimo. Seu uso era severamente controlado e, eventualmente, cada usuário dispunha de uma cota de tempo rigidamente controlada. Dessa forma, um programa tinha de ser fanaticamente revisado antes de rodar. Normalmente este processo demandava muito tempo – mas, afinal, naquela época a hora da máquina custava muito mais que a hora do programador humano!

Por esses e outros motivos o uso de computadores em educação, inclusive nos cursos de engenharia, não era algo tão popular quanto é hoje. Apenas campos que usam intensivamente cálculos matemáticos, como física, química e as engenharias química, mecânica e civil desenvolveram alguma tradição no uso de computadores. No caso particular da Ciência dos Materiais – onde se insere o estudo dos polímeros – o uso de computadores geralmente era desencorajado pelo alto custo do tempo de processamento e pelo grande esforço necessário para desenvolver programas – que, ainda por cima, apresentavam sérias limitações em função dos poucos recursos computacionais da época. Contudo, é interessante notar que um livro sobre Ciência dos Materiais editado há mais de vinte anos atrás [1] já incluía pequenas sub-rotinas em FORTRAN com aplicações específicas nesse campo.

A verdade é que já naquela época as coisas estavam mudando. No início da década de 1970 surgiram os mini-computadores, um dos primeiros sinais da revolução que os circuitos integrados fariam na informática. Estas máquinas – como o PDP-11 da Digital e o HP-2100A da Hewlett-Packard – tinham custo muito menor que os *mainframes* IBM, tornando-se acessíveis para muitas escolas e pequenas empresas. Contudo, os modelos mais simples destas máquinas tinham memória extremamente limitada (cerca de quatro kBytes!) e não dispunham de discos rígidos ou unidades de fita magnética. A compilação de programas requeria várias passos até se obter um código executável,

incluindo a geração de fitas de papel perfuradas entre uma etapa e outra. O desenvolvimento de programas nessas limitadas máquinas facilmente se tornava um pesadelo, pois um simples erro de digitação podia pôr a perder horas de processamento. Contudo, versões mais sofisticadas desse equipamento contavam com discos rígidos e unidades de fitas magnéticas, que facilitavam enormemente sua operação. O PDP-11, principalmente, tornou-se equipamento padrão para o controle de equipamentos científicos sofisticados, como microscópios eletrônicos e equipamentos para análise química por difração de raios-X.

Contudo, foi o advento das primeiras calculadoras programáveis de bolso que anunciou uma nova era na computação ao grande público. Pela primeira vez na história era possível a execução de cálculos tediosos de forma individual e fácil, permitindo o uso extensivo de uma abordagem matemática na ciência. Exemplos de equipamentos pioneiros foram a TI-59, da Texas Instruments, e HP-25 e HP-41, da Hewlett-Packard, que ofereciam centenas de passos de programação, armazenamento de programas e dados em cartões magnéticos, bem como impressoras usando papel térmico. A calculadora TI-59 incluía bibliotecas de *software* programadas em circuitos integrados intercambiáveis, especialmente na área de estatística e engenharia. Contudo, mais uma vez, não havia nada disponível na área de Ciência de Materiais, especialmente polímeros.

O advento do microprocessador 8080, em meados da década de 1970, foi a semente para a revolução dos microcomputadores. No final dessa década, diversos microcomputadores baseados nesse processador se tornaram uma realidade comercial. Naturalmente eles eram muito mais lentos que os *mainframes* mas, na sua melhor versão, tinham uma boa quantidade de memória (até 256 kBytes), acionadores de discos flexíveis e impressoras matriciais. O computador mais popular desta geração era o Apple II+, baseado no microprocessador 6502, que ainda apresentava uma grande novidade, ainda que não devidamente explorada nessa época: a tela colorida.

O microcomputador PC, baseado no microprocessador 8086, foi a resposta atrasada da IBM à ameaça dos microprocessadores a seu império. Ele rapidamente se tornou o equipamento padrão do mercado e, infelizmente, derrotou máquinas mais avançadas do ponto de vista conceitual, como o Macintosh. O grande poder computacional dessa máquina, com memória principal de até 640 kBytes, motivou o desenvolvimento de grande quantidade de *software* profissional compatível com ele.

Ao longo da década de 1980 foram surgindo versões mais avançadas do microcomputador da IBM, como o IBM-XT e IBM-AT, incluindo discos rígidos com até 32 MBytes. O preço relativamente baixo dessas máquinas, associado a seu desempenho excepcional, fez com que elas fossem eleitas como o computador-padrão para controle de equipamentos laboratoriais na área da caracterização de materiais, substituindo inclusive os velhos PDP-11.

O desenvolvimento de novos microprocessadores, como o 80486 e o Pentium, bem como a contínua diminuição nos custos do *hardware* tornaram possíveis computadores com

dezenas de megabytes de RAM e unidades de disco rígido com até 1 GByte de capacidade. Isto viabilizou o desenvolvimento de plataformas gráficas para estes computadores, das quais o Windows e o Linux são os exemplos mais famosos. Este conceito, criado originalmente para o microcomputador Macintosh, cria uma interface muito amigável entre o computador e o usuário. De fato, ela banuiu os traços da era do DOS ainda existentes nos microcomputadores, incluindo seus códigos técnicos e comandos complexos que afastavam as pessoas comuns dos computadores. O uso de computadores vem se tornando cada vez mais intuitivo, natural e amigável, atraindo usuários que antigamente eram totalmente refratários a eles. O único senão desta evolução é a inerente precariedade da plataforma Windows, que ainda é muito sujeita a erros e inconsistências inesperadas.

No presente momento o uso de computadores em sala de aula nos cursos de engenharia é perfeitamente viável do ponto de vista técnico, pois se dispõe de máquinas relativamente baratas com suficiente potência computacional para gerar apresentações rápidas, animadas, coloridas e embasadas em cálculos complexos, simulando os fenômenos a serem explicados com eficiência muito maior do que as aulas teóricas expositivas. Há mesmo quem diga que essa nova abordagem será vital no futuro, quando chegarem à universidade alunos acostumados desde a infância aos recursos multimídia e pouco afeitos às monótonas aulas clássicas. Além disso, o computador também pode ser usado para trabalhos extraclasse e como introdução ou apoio às aulas experimentais, complementando as atividades do aluno em sala de aula.

Por outro lado, há uma série de entraves à essa revolução. Em primeiro lugar, o custo relativamente alto para se dotar uma sala de aula com um computador e projetor de imagens (*data show*), que é da ordem de vários milhares de reais. Há também que se considerar o custo para a concepção das aulas digitais, bem como o desenvolvimento dos softwares, que costumam ser bastante trabalhosos quando se quer trabalhos de boa qualidade. E, no caso brasileiro, nem todos os alunos têm acesso a computadores modernos e com capacidade para rodar programas multimídia com a rapidez que se faz necessária.

II. O IMPACTO DA INTERNET

Se o poder dos computadores como ferramenta pedagógica já era respeitável quando se utilizava máquinas isoladas, o advento da Internet – ou seja, comunicação entre computadores ligados em rede, com alcance global e baixo custo – operou o milagre de amplificar exponencialmente suas capacidades. Basicamente ela permite o compartilhamento de dados, programas e computadores entre seus membros, além de possibilitar a comunicação instantânea entre eles, em qualquer ponto do globo. Inicialmente concebida como um recurso militar, a Internet acabou assumindo caráter acadêmico, fato que acabou forjando uma tradição de gratuidade e voluntariado dos recursos nela disponibilizados.

No momento de sua concepção, na década de 1970, o acesso à Internet era tão complicado como os computadores daquela época, pois era feito através dos difíceis comandos DOS e usando modems de baixa velocidade. Contudo, sua evolução técnica foi avassaladora, particularmente durante a década de 1990. Por um lado, as velocidades de transmissão de dados aumentaram exponencialmente, permitindo que a interação entre os usuários se fizesse através de interfaces gráficas, de forma muito similar à plataforma Windows. Assim, de forma análoga com o que ocorreu com os computadores, a facilidade de uso dessa abordagem também rompeu a resistência do público em geral a esse novo tipo de mídia.

A interface gráfica, juntamente com a linguagem HTML, permitiu a implantação da *World Wide Web*, ou Teia de Alcance Mundial, que tornou o acesso a computadores remotos numa atividade corriqueira e intuitiva. Hoje, ao visitarmos qualquer *site* da Internet, acessamos computadores a milhares de quilômetros de distância, de todos os tipos e versões, mas todos com interfaces muito similares. O uso de recursos multimídia, com sons, imagem e animação, tornou-se corriqueiro. Um verdadeiro paraíso quando comparado com a babel enfrentada pelos pioneiros da Internet, usando os comandos TELNET e UNIX.

Colocando em termos práticos: o que representou, afinal, o advento da Internet para o ensino de engenharia?

Em primeiro lugar, uma enorme quantidade de informação deixou ficar armazenada, em forma estanque, em poeirentas bibliotecas, institutos de pesquisa, departamentos de assistência técnica ou de *marketing* das empresas. Ou seja: locais onde seu acesso era difícil e restrito. Cada vez mais essas informações – incluindo *softwares* - vão sendo armazenadas em computadores ligados à Internet e disponibilizadas de modo totalmente aberto. A era digital tornou obsoletos conceitos como tiragem de livros ou seu esgotamento – um único exemplar postado na rede pode ser multiplicado infinitas vezes! É fato que aqui surgem problemas ligados ao respeito a direitos autorais, que foram atropelados pela revolução tecnológica. Esta é uma questão que ainda precisa ser devidamente equacionada.

Dessa forma, ficou mais fácil para o professor encontrar material para elaborar suas próprias aulas e para recomendar a seus alunos como apoio em suas atividades extra-classe. Está ocorrendo uma progressiva disponibilização *on-line* de livros e artigos em todas as áreas do conhecimento. O mesmo vale para programas de computador, inclusive os executáveis nas próprias páginas WWW usando-se a linguagem Java.

Além disso, está ficando muito comum que professores desenvolvam *sites* na WWW sobre suas disciplinas para dar maior apoio a seus alunos. Em certos casos, além de textos básicos sobre a matéria, eles contêm recursos especiais, como shows de *slides* ou mesmo *softwares*, além de *links* para páginas relacionadas com a matéria. Dessa forma, um professor pode optar por recomendar os *sites* de outros professores que ministrem matérias semelhantes ou optar por desenvolver o seu próprio.

Outro recurso também viabilizado pela Internet, o correio eletrônico, permite uma ágil comunicação com as escolas,

empresas e especialistas ligados a um ramo específico, além de participação nos fóruns técnicos disponíveis na rede.

O grande problema relacionado ao uso dos recursos da Internet está em localizá-los. A falta de organização da rede tem sido combatida desde seus primórdios por todo o tipo de ferramenta digital. Atualmente a abordagem mais bem sucedida tem sido os chamados motores de busca (*search engines*), na verdade gigantescas bases de dados que buscam catalogar todos os endereços disponíveis na rede, como o Google, Yahoo!, Alta Vista, etc. O grande problema desses recursos está justamente em sua abrangência: por tratarem indiscriminadamente de qualquer assunto, não é raro que uma pesquisa efetuada neles identifique milhares ou mesmo milhões de endereços! Na prática, é como se tivéssemos nenhum – afinal, não se pode passar o resto da vida analisando-se cada um dos milhões de endereços eventualmente levantados numa única consulta. Uma solução para este problema está nos motores de busca temáticos, ou seja, que comp ilam endereços restritos a um certo assunto.

III. RECURSOS DA INTERNET PARA O ENSINO SOBRE MATERIAIS POLIMÉRICOS

No início da década de 1990 a Internet já era uma realidade nos meios universitários americanos e europeus; os centros de ensino e pesquisa em materiais poliméricos também já marcavam sua presença na rede. Algumas universidades disponibilizavam *software* para simulação de processos de transformação ou cálculos de formulação de resinas. Estes programas podiam ser executados, de forma remota, nos computadores dessas universidades, usando o comando TELNET. Em outros casos o programa era disponibilizado para *download* e posterior instalação e execução no próprio computador do usuário, usando-se o comando FTP. Em 1992 surgiu o grupo de discussão *sci.materials* da USENET, com o objetivo de promover a discussão *on-line* sobre temas ligados à Ciência dos Materiais. Em 1994 foi a vez do *sci.polymers*, específico para a área de polímeros.

A verdade é que a Internet não era muito popular na época, sendo seu uso restrito ao pessoal acadêmico “anfíbio”, ou seja, especialistas em plásticos que tinham bom trânsito em informática, o que lhes permitia usar com relativa facilidade os recursos que ela disponibilizava. A situação mudou radicalmente a partir de 1994 com a popularização da interface gráfica e recursos multimídia. Este foi um passo vital para disponibilizar a Internet aos leigos em computação e viabilizar a explosão de sua massificação entre as pessoas envolvidas no estudo dos materiais poliméricos.

Essa ampla popularização e disseminação da Internet fomentou o aparecimento de recursos extremamente poderosos para o ensino dos materiais poliméricos. Os principais estão listados a seguir [2].

A. Tutoriais

Um *site* muito bem feito, atendendo desde estudantes de primeiro grau até universitários, é o da Macrogalleria:

<http://www.psr.usm.edu.macrog/index.htm>

Ele foi criado pelo Prof. Lon J. Mathias e seu grupo, o Polymer Science Learning Center, do Departamento de Ciência dos Polímeros da University of Southern Mississippi. Seu conteúdo foi originalmente escrito em inglês mas há versões em outras línguas; as páginas em português estão em construção. O nível de complexidade envolvido vai desde os conceitos elementares dos polímeros e plásticos, adequados a estudantes do primeiro grau, até conceitos mais complexos ministrados em cursos universitários. Usa uma abordagem bastante leve, enfatizando o uso rotineiro dos polímeros no dia-a-dia, com exemplos baseados nas lojas de um Shopping Center. Ele inclui efeitos de animação para mostrar os mecanismos moleculares envolvidos nas características peculiares dos polímeros.

O site da Macrogalleria é um dos desenvolvimentos do projeto Polydelphia:

<http://www.psrc.usm.edu/macrog/index.htm>

do Polymer Science Learning Center, o qual inclui outros sites educacionais sobre polímeros. Por exemplo, o Polyquarium, onde propriedades dos polímeros biológicos marinhos são mostradas a partir de uma visita feita a um aquário, e o Macrolab, um guia on-line sobre experiências laboratoriais simples com polímeros, incluindo sua síntese. Num futuro próximo pretende-se disponibilizar na Internet vídeos mostrando experiências científicas com polímeros e cursos *on-line*.

Também podemos encontrar um verdadeiro curso completo grátis sobre moldagem de plásticos compósitos: o *Tutorial on Polymer Composite Molding*:

<http://islnotes.cps.msu.edu/trp/index.html>

Este projeto foi desenvolvido pela Michigan State University e University of Delaware com o apoio da National Science Foundation, dos E.U.A. O desenvolvimento deste pacote de treinamento foi motivado pela necessidade de se familiarizar os trabalhadores no setor sobre as tecnologias para moldagem de materiais compósitos, permitindo sua rápida otimização e redução de custos das peças feitas com este material. Ele é considerado de domínio público e pode ser usado livremente; contudo, a cópia do material requer citação da fonte original.

Também há muita informação básica sobre polímeros compósitos no *site* do Centro de Materiais Compósitos da Universidade de Delaware, no endereço

<http://www.ccm.udel.edu/Techsite/>

Ele oferece gratuitamente conteúdo tecnológico e didático de alta qualidade sobre esse assunto, numa forma bastante interativa.

Para quem procura por informação básica sobre os processos de transformação de resinas plásticas há três *sites* a serem visitados, conforme o caso específico. No caso da moldagem por injeção,

<http://www.injectingsolutions.com>

por extrusão,

<http://www.strictly-extrusion.com>

e por termoformação,

<http://www.thermoforming.com>

Uma mini-enciclopédia sobre transformação de plásticos, pode ser encontrada no site da Tangram, uma empresa britânica que atua na área de assessoria sobre processos para transformação de resinas plásticas, mais especificamente no endereço

<http://www.tangram.co.uk/Technical%20Information.html>

B. Listas de Discussão

O Clube do Plástico é uma lista brasileira de discussão sobre aspectos técnicos ligados aos plásticos, borrachas e polímeros em geral, reunindo no momento mais de cem especialistas na área. Seu endereço é

<http://www.yahogroups.com/group/Clube-do-Plastico>

C. Motores de Busca Específicos

Quem já fez uma busca sobre plásticos ou polímeros usando os motores de busca universais, tais como Alta Vista, Google, Yahoo! ou mesmo Cadê? já deve ter sido surpreendido ou por milhões de respostas ou então por nenhum retorno. O Polymer Search é um motor de busca específico para polímeros que é mantido pela firma inglesa Rapra, a antiga Rubber and Plastics Research Association. Isso garante respostas bastante pertinentes quando o assunto da pesquisa é plásticos ou polímeros. Seu uso, ao menos por enquanto, é gratuito, no endereço:

<http://www.polymer-search.com>

Na área específica de materiais compósitos há o Worldwide Composite Search Engine,

<http://www.wocomposites.com>

que é o primeiro motor de busca específico para esses materiais. Ele foi desenvolvido pela firma americana Deltronix Enterprises. Também é gratuito.

Uma coleção de sites sobre polímeros e plásticos também pode ser encontrada no endereço

<http://www.geocities.com/agorni/polymer.html>

D. Softwares

O programa CAMPUS ou “Pré-Seleção de Materiais Auxiliada por Computador utilizando-se Padrões

Uniformes”, é o resultado do trabalho cooperativo de vários produtores de resinas. A primeira versão foi lançada em 1988, alcançando enorme sucesso: só na Europa já foram distribuídas 100.000 cópias deste software gratuito.

O pacote de software CAMPUS consiste basicamente do programa para gerenciamento da base de dados, compatível com Windows, e de um arquivo contendo os dados sobre os polímeros. Cada fabricante de polímeros distribui sua versão do software CAMPUS, em disquetes ou a partir de seu site na Internet. O programa propriamente dito para gerenciamento da base de dados é sempre o mesmo. Contudo, a informação disponível na base de dados, naturalmente, é específica para cada fabricante. O aluno, contudo, pode instalar simultaneamente bases de dados de diferentes produtores em seu computador, o que permite uma comparar produtos similares de vários concorrentes.

Trata-se, portanto, de uma ferramenta bastante útil para o aluno ficar familiarizado com as características, vantagens e limitações dos plásticos de engenharia disponíveis. Este programa, compatível com computadores IBM-PC, pode ser descarregado a partir do *site*

<http://www.campusplastics.com>

Indo agora para o campo da transformação de resinas plásticas, um recurso muito útil para quem deseja compreender melhor o efeito das condições operacionais na produção de filmes tubulares encontra um programa bastante útil no *site* da Brampton Engineering, chamado *BE Film Calculator*. Ele pode ser descarregado a partir do endereço

<http://www.be-ca.com/filmcalc.html>

Um *software* similar, mas cuja versão de demonstração possui prazo de validade limitado, também é disponibilizado pela Dual Spiral Systems, no endereço

<http://www.dualspiralsystems.com>

A mesma firma oferece também o programa ExtruSim2000, que simula a operação de extrusoras e permite uma simulação didática desse processo de transformação.

A empresa brasileira EFF Technology S/C disponibiliza dois *softwares* interessantes na área dos polímeros: o *Poly EFF*, um simulador de reator de polimerização, e o *Poly PPS*, que prevê as propriedades de um polímero em função de suas características moleculares. As versão de demonstração desses programas, plenamente operacionais mas com validade de apenas um mês, podem ser descarregadas gratuitamente a partir do endereço

<http://efftech.tripod.com>

D. Bases de Dados

Um *site* que vem se firmando como um padrão para consultas sobre propriedades de materiais, inclusive poliméricos, é o MatWeb:

<http://www.matweb.com>

Esta, de fato, talvez seja a mais completa base de dados gratuita deste tipo, uma vez que inclui, no momento, os dados de dezenas de milhares de diferentes materiais.

Recentemente foi implementada uma versão WWW do programa CAMPUS descrito acima, que dispensa o descarregamento e instalação do software. Seu endereço é

http://www.m-base.de/wv05_01/index.html

IV. CONCLUSÕES

Sintetizando o que foi visto neste trabalho, o papel dos computadores no ensino de engenharia, em particular sobre materiais poliméricos, repousa fundamentalmente na simulação numérica dos processos de síntese, transformação e desempenho em uso desses materiais, com seus resultados sendo apresentados de forma multimídia. A contribuição da Internet é, basicamente, promover uma disseminação e compartilhamento de informações e de todo tipo de recurso digital, ampliando o acesso ao conhecimento de forma nunca vista antes na história da Humanidade.

REFERÊNCIAS

- [1] GUY, A.G.. Essentials of Materials Science. McGraw-Hill Book Company, New York, 1976. 435 p.
- [2] GORNI, A.A. *O Plástico na Rede*. Revista Plástico Industrial. Coluna mensal publicada desde Setembro de 1998.