

# UTILIZAÇÃO DE RECURSOS MULTIMÍDIA NO ENSINO DE CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO

WAYNE SANTOS DE ASSIS  
TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT

Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Outubro 2002

## RESUMO

O aprendizado com auxílio de recursos computacionais tem sido empregado com êxito, tanto no Brasil como no exterior, e nesse cenário, *softwares* educacionais utilizando recursos multimídia vêm ajudando alunos e professores a tornarem o aprendizado mais fácil, rápido e eficiente. Este trabalho descreve o processo de desenvolvimento de material didático em formato multimídia voltado ao ensino de tópicos das disciplinas Concreto Armado e Concreto Protendido, apresentando a experiência da sua utilização e uma avaliação dos recursos e da sua aplicação.

Foram desenvolvidos e disponibilizados na Internet treze filmes em *flash*, oito *applets*, um hipertexto e um vídeo. Esse conteúdo foi posteriormente integrado em um CD-ROM visando a possibilitar a sua utilização *off-line*. Confirmando os resultados que têm sido observados em outras áreas do conhecimento, o uso de recursos multimídia no ensino de disciplinas da Engenharia de Estruturas tem trazido benefícios aos alunos, ao ajudá-los a visualizar várias situações teóricas importantes e fomentar a capacidade de procurar informações e transformá-las em conhecimento.

## ABSTRACT

Learning with the aid of computational resources has been successfully used in Brazil as well as in foreign countries. In this sense, educational softwares employing multimedia resources may be regarded as valuable tools to students and professors leading to an easier, faster and more efficient learning process. This work describes the development of didactic material in multimedia format, which is directed to lectures in the Reinforced and Prestressed Concrete courses. One also presents the experience of its use and also an evaluation of these resources and of their application.

Thirteen animations, eight applets, one hypertext and one video were developed. They are currently available in the Internet. This content was later inserted in a CD-ROM, which is intended to enable its off-line use. Confirming the results that have been observed in other areas, the use of multimedia resources in the area of Structural Engineering education has brought benefits to students, helping them to visualize some important theoretical situations and to foment the capacity to look for information and to transform them into knowledge.

## 1. INTRODUÇÃO

Várias experiências utilizando recursos de multimídia aplicados ao ensino de engenharia vêm sendo efetuadas tanto no Brasil como no exterior, obtendo-se de modo geral resultados bastante positivos. Especificamente, as novas tecnologias de multimídia têm o potencial de gerar uma nova forma de aprendizado, introduzindo uma nova dimensão ao ensino, uma vez que com o uso das novas tecnologias de informação e comunicação (NTICs), e particularmente por meio de recursos multimídia, pode-se obter conhecimento tanto por meio da interatividade viabilizada, permitindo a simulação de análises, como também através da visualização de modelos geométricos, possibilitando a assimilação dos conceitos de maneira mais eficiente.

Em função da marcante presença das novas tecnologias no cotidiano, o ensino de engenharia não poderia permanecer longe deste contexto (Caldas, 2000), uma vez que Informática na Educação é hoje uma das áreas mais fortes da Tecnologia Educacional (Cysneiros, 2000). É preciso ainda ressaltar que o avanço da microinformática abre enorme leque de possibilidades para a educação, tornando urgente o desenvolvimento da pesquisa na área de novas tecnologias aplicadas à educação (Le Roy, 1997), e diversos são os estudos que demonstram que a utilização das NTICs, como ferramentas, traz uma significativa contribuição para as práticas escolares em qualquer nível de ensino (Vieira, 2000).

Este trabalho tem como objetivo introduzir novas metodologias de ensino em engenharia utilizando recursos de multimídia interativa como material auxiliar, produzindo-se hipertextos, animações e *applets*, a serem disponibilizados na Internet e também organizados em CD-ROM (*Compact Disk, Read Only Memory*), enfocando tópicos selecionados das disciplinas Concreto armado e Concreto protendido, voltados ao ensino de alunos de graduação.

## 2. AS NOVAS TECNOLOGIAS E O ENSINO EM ENGENHARIA

A educação é o elemento-chave na construção de uma sociedade baseada na informação, no conhecimento e no aprendizado. Uma considerável parte do desnível entre indivíduos, organizações, regiões e países deve-se à desigualdade de oportunidades relativas ao desenvolvimento da capacidade de aprender e concretizar inovações. Por outro lado, educar, atualmente, significa muito mais que treinar as pessoas para o uso das novas tecnologias: trata-se de investir na criação de competências suficientemente amplas que lhes permitam ter uma atuação efetiva na produção de bens e serviços, tomar decisões fundamentadas no conhecimento, operar com fluência os novos meios e ferramentas em seu trabalho, bem como aplicar criativamente as novas mídias, seja em usos simples e rotineiros, seja em aplicações mais sofisticadas. Trata-se também de formar os indivíduos para “aprender a aprender”, de modo a serem capazes de lidar positivamente com a contínua e acelerada transformação da base tecnológica (Takahashi, 2000).

Colocando em relevo a situação do ensino em Engenharia no quadro atual, Linsingen et al (1999) apud Flemming & Luz (2000), discute a formação do engenheiro e destaca pontos que comprovam a formação pelas universidades de um profissional ultrapassado. Ressalta-se dois pontos discutidos por esse autor: o aluno continua escutando aulas e armazenando conhecimentos em vez de ser orientado a aprender a aprender, a saber

pensar. Conseqüentemente, o aluno não sabe pesquisar e não sabe recorrer à pesquisa como ambiente de aprendizagem e renovação.

Para Silva (2000), no mundo moderno, há regras específicas de convivência com o existente em termos de transmissão do conhecimento. Os avanços tecnológicos produzem modificações tão rápidas que o aluno de Engenharia de hoje não pode confiar nas técnicas antigas, mas deve ser capaz de entender e adaptar-se aos novos conhecimentos e às recentes experiências. Realmente, há uma necessidade nos cursos de Engenharia de se enfatizar a compreensão dos diversos fenômenos e reduzir a ênfase no memorizar de fórmulas.

A compreensão do papel que as novas tecnologias, particularmente os recursos multimídia, com seu caráter ativo e atrativo, podem desempenhar no processo de ensino-aprendizagem em Engenharia passa pelo entendimento de como se dá tal processo, tanto segundo a abordagem tradicional, largamente empregada, como nas propostas baseadas em maior interação entre professores e alunos.

## **2.1 A Educação como Transmissão**

Fundamentada no estabelecimento do professor como detentor do conhecimento e relegando ao aluno a condição de depositário, a abordagem tradicional do processo ensino-aprendizagem constitui a plataforma adotada pela esmagadora maioria dos professores das instituições de ensino superior do Brasil. No caso das escolas de Engenharia, a situação não é diferente.

Nesse modelo, o professor concentra-se em apresentar, da forma mais clara e precisa possível, o conteúdo proposto, considerando trazer ao aluno os todos os elementos importantes para a sua compreensão. Se o aluno estiver atento à aula, é possível que o aluno não tenha dúvidas, o que faz com que tanto o professor como o aluno fiquem temporariamente satisfeitos. Entretanto, não costuma demorar muito até que uma série de exercícios seja proposta e o aluno, constatando que não aprendeu tudo que precisava, não tenha a quem recorrer.

Alguns professores consideram que simplesmente dando oportunidade para os alunos falarem já estão utilizando uma nova metodologia de ensino. Para Souza (2000), o problema não está no fato do aluno falar ou não, mas sim na ocorrência de uma interação aluno-professor, professor-aluno e aluno-alunos. Na abordagem tradicional, o aluno não é solicitado, é apenas um ser passivo, destinado a ser um receptor de informações vindas do professor. Este último não o ensina a problematizar, não o solicita para que faça relações com o que já conhece, o que faz com que o aluno fique acomodado, de forma que o ensino não tem sentido para o aluno.

Acredita-se que para atender às novas exigências do mercado de trabalho, é necessário realizar mudanças no perfil do profissional formado (Loureiro, 2000). Hoje, além das exigências por conhecimentos específicos cada vez mais profundos em cada área do conhecimento, exige-se que o profissional, especialmente das engenharias, tenha uma formação de espectro amplo, generalista, com visão sistêmica, capacidade de trabalho em grupo e de âmbito multidisciplinar.

É evidente que a abordagem tradicional, com suas sérias limitações, não fornece o profissional requerido na atualidade. Isso gera a busca de novas metodologias capazes de revolucionar o ensino superior tradicional, que possibilitem ao professor estruturar as condições para que o aluno construa o seu próprio conhecimento. Tal relação entre o educador e o educando constitui a base da abordagem interativa.

## **2.2 A Abordagem Interativa**

Tendo como concepção o fato de que o aluno é um ser ativo e que o conhecimento deve ser construído, e não transferido, a abordagem interativa se apresenta como alternativa à abordagem tradicional.

A metodologia dialética, base da abordagem interativa (Vasconcelos, 1995), pode ser expressa em três grandes preocupações para o professor:

- Mobilização para o conhecimento;
- Construção do conhecimento;
- Elaboração e Expressão da síntese do conhecimento.

A discussão acerca de cada uma delas itens acima será o foco dos itens seguintes.

### **2.2.1 Mobilização para o Conhecimento**

Objetivando criar um vínculo significativo entre o conteúdo da disciplina e o aluno, a mobilização para o conhecimento enxerga o professor como alguém que explicita o conteúdo aos alunos de forma tal que lhes apresenta o mesmo como um desafio, e para isso é preciso:

- Conhecer e atuar a partir da realidade;
- Ter clareza nos objetivos;
- Propiciar uma prática significativa.

Entretanto, é preciso enfatizar que não basta a mobilização inicial para a criação de um vínculo efetivo no processo de conhecimento, antes, é fundamental que se mantenha uma relação consciente e ativa com o conteúdo da disciplina e que esta seja significativa para os alunos, de forma que o desafio não é apenas provocar a mobilização, mas mantê-la.

### **2.2.2 Construção do Conhecimento**

Segundo Souza (2000), esse nível de interação entre o conteúdo e o aluno é caracterizado pela elaboração efetiva do conhecimento, por parte do aluno, construindo relações com o auxílio do professor. Quanto mais abrangentes e complexas forem as relações estabelecidas, melhor para o aluno, pois isso significará que ele está aprendendo.

A construção do conhecimento encontra-se em andamento na ocasião em que o aluno apresenta um desenvolvimento operacional, que se apresenta na forma de atividades como a realização de exercícios, preparação de seminários ou momentos de estudo individual.

### **2.2.3 Elaboração e Expressão da Síntese do Conhecimento**

Como o processo de aquisição de conhecimento é dinâmico, o professor deve ajudar o aluno a elaborar a síntese desse conhecimento. Esse passo é importante para o professor, pois possibilita a interação dele com o caminho de construção de conhecimento que o aluno está percorrendo. A síntese é fundamental para a compreensão concreta do conteúdo.

Esse é o nível em que o conhecimento é consolidado e o aluno expõe ao professor as relações que conseguiu estabelecer sobre o conteúdo da disciplina.

Para que esta fase da abordagem interativa seja concluída com sucesso, é importante que o aluno sinta necessidade de expressão, elabore uma síntese e retorne com conhecimento adquirido para a realidade. Desta forma, o aluno estará apto a agir, com significado e efetividade na prática social (Souza, 2000).

### **2.3 Abordagem Tradicional x Abordagem Interativa.**

A utilização do modelo tradicional remonta há três mil anos de história, onde o ensino é baseado no professor como principal elemento no processo de ensino (Neto, 2000). É importante ressaltar este aspecto de ensino contrapondo-o com a abordagem interativa. No processo de ensino tradicional, a atuação do aluno é passiva, sendo que o professor é o meio de transmissão principal do conhecimento. Já no modelo interativo, o centro de atuação é deslocado para o aluno e o professor passa a ser um facilitador.

No modelo interativo, é dada uma importância significativa para o desenvolvimento do espírito crítico e de habilidades analíticas na solução e avaliação de problemas. Isto permite ao aluno uma maior flexibilidade para enfrentar situações novas, qualidade muito valorizada atualmente pelo mercado de trabalho.

Nesta linha de raciocínio, há uma tendência de aumentar-se os aspectos cognitivos da aprendizagem, ou seja, não simplesmente transmitir informações, mas desenvolver o pensamento e utilizar as informações na resolução de problemas, estimulando a criatividade (Neto, 2000).

## **3. MULTIMÍDIA**

Multimídia é hoje definida como qualquer combinação de textos, gráficos, sons, animações e vídeos mediados através do computador ou outro meio eletrônico.

É consenso entre estudiosos da Educação que a comunicação midiada desperta a atuação dos nossos sentidos de novas maneiras, daí advindo o poder da informação multimídia. Como o conteúdo em um CD-ROM ou em uma página multimídia apela a diversos sentidos ao mesmo tempo, a carga informativa é significativamente maior. Com diversos sentidos sendo solicitados simultaneamente a informação é mais redundante, oferecendo um maior poder de assimilação e retenção. Além do que, amplia-se a atenção, já que os apelos sensoriais são multiplicados e comumente inesperados e surpreendentes.

### 3.1 A Multimídia na Educação

Não são poucos os educadores que defendem a possibilidade do uso do computador na educação. Até o advento do computador, a tecnologia usada para o ensino limitava-se a audiovisuais e ao ensino a distância, pela televisão, o que simplesmente ampliava a atividade dos professores e passividade dos alunos. Vários estudiosos salientam a possibilidade interativa oferecida pelo computador, que desperta o interesse do aluno em descobrir suas próprias respostas, em vez de simplesmente decorar os ensinamentos impostos, de maneira que a máxima do "aprender fazendo" torna-se regra e não exceção, devido ao alto poder de simulação proporcionado.

Todavia, é preciso entender que a utilização da multimídia na escola não significa uma ameaça ao professor. Ela deve ser usada para enriquecer o processo educacional e não como um artefato para a substituição do professor. Só um professor pode dar tratamento individualizado e diferenciado. Os títulos multimídia, por mais completos que sejam, não podem cobrir todas as dúvidas que porventura podem ocorrer a um aluno. Portanto, em situações nas quais títulos multimídia venham a ser utilizados intensivamente, o professor deve assumir uma posição de mentor ou guia durante a utilização do computador e seus recursos.

Já as disciplinas que tradicionalmente oferecem alguma dificuldade aos alunos, por tratarem de assuntos que exigem grande abstração, podem se valer do grande poder de simulação da multimídia. Além do mais, possibilitam que assuntos outrora áridos possam ganhar utilização prática com imagens e sons. A capacidade de assimilação e fixação dos alunos é multiplicada, pois a multimídia traz vida, demonstrações práticas e conjuga entretenimento a tais conteúdos (Primo, 1996).

### 3.2 Hipertexto e Hiperímia

Uma das características mais importantes da multimídia para a educação é sem dúvida o hipertexto. O hipertexto é um texto formatado usando pontos ativos (*links*) e extensamente indexado. Os pontos ativos permitem que o usuário salte entre tópicos interligados; e o índice permite que o usuário localize assuntos específicos com base em palavras-chave, de forma que assim que o usuário se depare com uma palavra ou informação que lhe gere alguma dúvida ele pode clicar sobre tal informação que será conduzido automaticamente a diversas outras informações que expliquem ou completem aquela outra.

A hiperímia transforma essa possibilidade em algo ainda mais interativo e de apelo e conteúdo ainda maior. A hiperímia é definida como a integração de textos, gráficos, animações e som em um programa multimídia usando elos interativos, e representa uma extensão do conceito de hipertexto: refere-se a associação do hipertexto com a multimídia. Ou seja, em vez de uma explicação textual sobre um conceito que havia gerado dúvida, pode-se receber um complemento informativo através de diferentes mídias, como gráficos ou vídeos.

Segundo Zem-Mascarenhas & Cassiani (2001), a utilização de hiperímia em ambientes de ensino oferece uma maior flexibilidade de uso e uma melhor apresentação das informações aos usuários. Além disso, devido aos recursos audiovisuais normalmente disponíveis, ela também estimula o aluno a aprender.

Pierre Lévy (1993) sugere que a especificidade do hipertexto reside em sua velocidade. A instantaneidade com que se resgatam informações leva a não-linearidade da leitura a extremos. Como o hipertexto torna-se característica preponderante dos produtos multimídia, surgem novas formas de escrever (de forma fragmentada) e de ler (batizada de navegação).

De forma completamente diferente do que acontece com o texto tradicional, o hipertexto simula o processo de associação realizado pela mente humana, possibilitando a movimentação pelos *links* que contenham conceitos similares. Desse modo, a navegação pelo hipertexto cria um processo mais parecido com o raciocínio humano, que não é linear (Guerra, 2000). Comparando com um objeto do mundo físico, nos perdemos muito mais facilmente em um hipertexto do que em uma enciclopédia (Lévy, 1993), pois a referência espacial e sensoriomotora que atua quando seguramos um volume nas mãos não mais ocorre diante da tela do computador.

Também é preciso salientar a importância da utilização da multimídia na educação. Todo conhecimento é mais facilmente apreendido e retido quando a pessoa se envolve mais ativamente no processo de aquisição de conhecimento. Portanto, graças à característica reticular e não-linear da multimídia interativa a atitude exploratória é bastante favorecida, sendo assim um instrumento bem adaptado a uma pedagogia ativa (Levy, 1993).

### **3.3 Interface**

O vocábulo interface designa um dispositivo para comunicação entre dois sistemas informáticos distintos. Já uma interface homem/máquina "designa o conjunto de programas e aparelhos materiais que permitem a comunicação entre um sistema informático e seus usuários humanos" (Lévy, 1993). Logo, a interface é tudo aquilo que está entre o usuário e a máquina.

A interface do produto multimídia é o conjunto dos elementos gráficos e do sistema de navegação. Muitos títulos multimídia de conteúdo vasto e aprofundado naufragaram por oferecer interface de baixa qualidade. Gráficos pobres podem aborrecer o usuário pela falta de apelo visual. Se o sistema de navegação do produto é ruim, o usuário pode se perder pelo produto e sentir-se desconectado do conteúdo. Nesses casos, é comum o usuário desistir logo e não voltar a usar o produto.

Uma interface bem produzida pode transformar um título multimídia. Uma interface intuitiva, que permita que o usuário navegue pelo produto como desejar, que não o deixe se perder e que claramente interaja com ele transforma o produto em um potente artefato educacional. Por outro lado, uma interface de difícil aprendizado, que não ofereça possibilidades claras de navegação e de descoberta do conteúdo acaba por prejudicar o aprendizado, além de confundir e perder o usuário (Primo, 1996).

### **3.4 Internet**

A Internet (Interconnected Networks), como a conhecemos hoje, deriva diretamente da difusão ampla da tecnologia gerada para se implantar uma rede de computadores encomendada no final da década de 60 a alguns grupos de pesquisa de universidades americanas pelo Departamento de Defesa dos EUA.

Como típico produto da era da Guerra Fria, a tecnologia gerada incorpora algumas características interessantes do ponto de vista militar, tais como:

- Ausência de nodo central;
- Flexibilidade arquitetural;
- Redundância de conexões e funções;
- Capacidade de reconfiguração dinâmica.

Por outro lado, como convém a um novo modelo de pesquisa estratégica e multi-institucional em tecnologias de informação e comunicação, a tecnologia gerada espalhou-se amplamente pelo ambiente acadêmico, primeiramente nos EUA e em seguida no exterior.

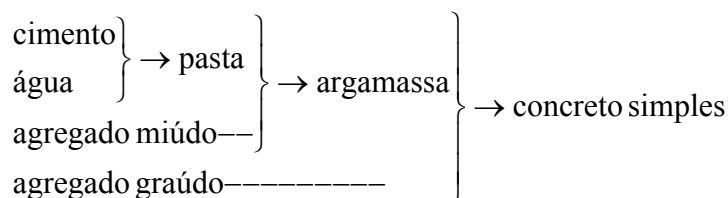
Já no final da década de 80, a promoção do uso de Internet e do avanço da tecnologia associada nos EUA era liderada pela *National Science Foundation* (NSF), e não mais pelo Departamento de Defesa. A partir de 1989, a NSF passou a incentivar ativamente as conexões de outros países aos EUA, para fins ligados à educação e pesquisa.

Seguindo e/ou respondendo ao modelo de evolução da Internet nos EUA, a tendência nos países mais atentos ao nascente fenômeno foi o envolvimento inicial de instituições do setor acadêmico na montagem de redes nacionais, ou diretamente adotando a linha Internet ou evoluindo de tecnologias anteriores. Em seguida, ocorreu o envolvimento de governos, interessados na implantação de infra-estrutura de redes para apoio a atividades de educação e pesquisa. Finalmente, já na década de 90, os serviços até então restritos à educação e pesquisa se abriram e expandiram rumo a serviços Internet abertos a quaisquer fins (Takahashi, 2000).

#### 4. CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO: TÓPICOS CONSIDERADOS

Os assuntos considerados, quando do desenvolvimento dos recursos multimídia, foram escolhidos levando-se em conta sua relevância no contexto da engenharia civil e na necessidade do desenvolvimento de ferramentas eficazes para uma melhor visualização e compreensão dos fenômenos e propriedades relacionados aos conceitos envolvidos.

O concreto é um material composto, preparado quando de sua aplicação. É constituído por uma mistura de um aglomerante hidráulico com materiais inertes e água. Apresenta vantagens diversas como moldabilidade (pode ser aplicado sobre formas), durabilidade, facilidade executiva (utiliza mão de obra normal) e baixo custo. O concreto simples é obtido a partir dos seguintes componentes:



O concreto é um material que resiste bem à compressão, mas a sua resistência à tração é, no entanto, pequena e aleatória, da ordem de apenas 10% da de compressão, de modo que em geral, nos cálculos, a resistência à tração do concreto é desprezada.

O aço é um material de elevada resistência à compressão e à tração, porém mais caro que o concreto. O concreto simples, quando associado a armaduras, origina o concreto estrutural.

concreto simples }  
armadura passiva } → concreto armado

O concreto armado convencional é aquele em que se utiliza o aço para absorver os esforços de tração, cabendo ao concreto resistir aos esforços de compressão e cisalhamento.

A protensão é um artifício que consiste em introduzir numa estrutura um estado prévio de tensões capaz de melhorar sua resistência ou seu comportamento, sob diversas condições de carga. O concreto protendido é um concreto no qual, pela tração de cabos de aço, são introduzidas pré-tensões de tal grandeza e distribuição, que as tensões de tração resultantes do carregamento são neutralizadas a um nível ou grau desejado (Metha, 1994).

concreto simples }  
armadura ativa } → concreto protendido

A protensão desloca a faixa de trabalho do concreto para o âmbito das compressões, onde o material é mais eficiente, mas gera a necessidade do uso de armaduras em forma de cabos tracionados e ancorados, empregando aços de alta resistência e trabalhando com tensões elevadas. Correntemente, se utiliza em concreto protendido resistências de concreto duas a três vezes maiores que as empregadas em concreto armado. Por sua vez, os aços de protensão têm resistências da ordem de quatro a cinco vezes as dos aços convencionais.

Em relação ao concreto armado, foram consideradas a flexão simples, a flexão composta normal e flexão composta oblíqua, sendo que nesta última as considerações foram de nível introdutório. No âmbito do concreto protendido, foram estudados o conceito de protensão e as perdas relacionadas ao atrito e ao encunhamento em cabos pós-tracionados.

## 5. RECURSOS DESENVOLVIDOS

Com o advento da Internet e seu notável crescimento, desenvolveu-se paralelamente um grande mercado voltado ao fornecimento de ferramentas destinadas à produção de conteúdo para a *Web*. A contínua e expressiva demanda de produtos voltados para a confecção de material multimídia abriu espaço para a criação e desenvolvimento de empresas que se especializaram em produzir *softwares* e equipamentos específicos para as mais variadas necessidades associadas à produção e distribuição de conteúdo multimídia. Neste item, são apresentados os recursos desenvolvidos (animações, *applets*, hipertexto, vídeo e CD-ROM).

Os recursos produzidos que estão disponíveis na Internet encontram-se no seguinte endereço:

<http://www.lmc.ep.usp.br/pesquisas/tecedu>

Na página que se encontra no endereço acima, é possível acessar também outros recursos desenvolvidos por professores e alunos participantes do projeto integrado de pesquisa intitulado “Investigação de Novas Metodologias para o Ensino de Engenharia de Estruturas Utilizando Recursos de Multimídia Interativa”, do Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações da Escola Politécnica da USP.

## 5.1 Animações

Foram desenvolvidos treze filmes em *Flash* (animações), abordando vários tópicos referentes ao concreto armado submetido a flexão simples, a flexão composta normal e a flexão composta oblíqua. No desenvolvimento das animações houve a participação dos alunos de iniciação científica Fábio Corregio, Cristina Fava Simionato e Kristiane Silveira Fernandes.

O processo de criação de cada uma das animações consistiu de cinco etapas: escolha do assunto a tratar, definição do roteiro, planejamento da navegação, elaboração das animações no ambiente de desenvolvimento e pré-utilização com o objetivo de detectar eventuais falhas nos scripts de navegação. Estando tudo em conformidade com o planejado, a animação era disponibilizada na Internet.

Na escolha do assunto a tratar, o tópico a ser abordado era definido de forma específica, sendo dada preferência a assuntos que contivessem elementos de visualização importante ou relativamente difícil.

A definição do roteiro contemplava o modo segundo o qual o assunto escolhido deveria ser convertido para o formato interativo, tornando-se clara nessa fase o aspecto das ilustrações, o conteúdo textual a ser inserido, de que forma e em quais ocasiões deveriam ser animados os textos e as ilustrações, bem como a maneira segundo a qual seria feita a distribuição do conteúdo na área visível.

Na fase de planejamento da navegação, não apenas eram pensadas as alternativas quanto ao deslocamento entre as diversas cenas que constituiriam o filme, mas também a maneira segundo a qual, dentro de uma mesma cena, animações específicas viriam ter o fluxo sob controle do usuário.

No desenvolvimento das animações foi utilizado o *software Macromedia Flash*, e, para cada animação, buscou-se construir interfaces elegantes com boa qualidade gráfica.

As animações desenvolvidas são apresentadas logo abaixo.

- 1) Modelo Constitutivo do Aço;
- 2) Modelo Constitutivo do Concreto;
- 3) Hipóteses de Ruptura na Flexão Simples;
- 4) Domínios de Deformação;
- 5) Modelo Resistente na Flexão – Armadura Simples;
- 6) Modelo Resistente na Flexão – Armadura Dupla;
- 7) Modelo Resistente na Flexão – Seção T;
- 8) Dimensionamento – Seção Genérica;
- 9) Modelo Resistente na Flexão Composta Normal – Pequena Excentricidade;

- 10) Modelo Resistente na Flexão Composta Normal – Grande Excentricidade – Armadura Simples;
- 11) Modelo Resistente na Flexão Composta Normal – Grande Excentricidade – Armadura Dupla;
- 12) Flexão Composta Oblíqua;
- 13) Diagramas de Interação Adimensionais.

Na figura 1 são apresentadas algumas capturas de tela quando da execução das animações.

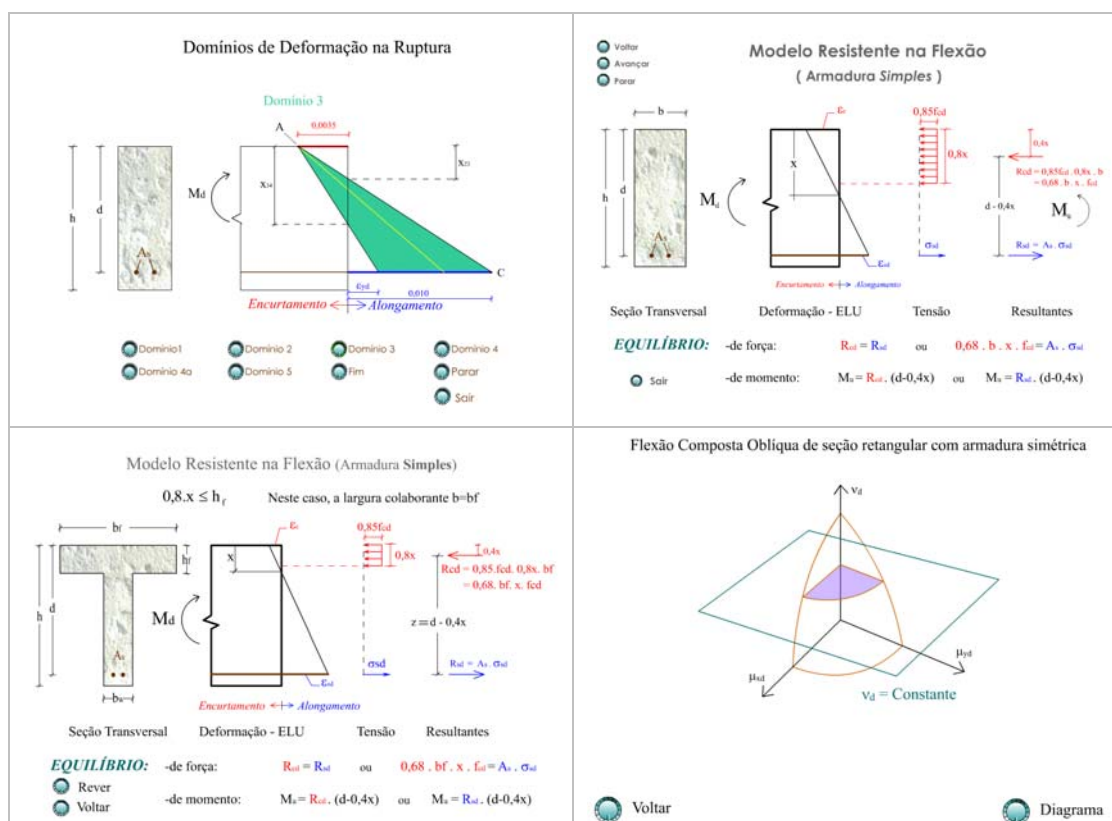


Fig. 1 – Algumas das animações desenvolvidas.

## 5.2 Applets

*Applets* são programas desenvolvidos em *Java* que rodam dentro de um *browser*. Os *applets* são seguros, dinâmicos, independentes de plataforma e rodam em ambiente de rede. Eles podem reagir à entrada do usuário tornando as páginas *Web* mais dinâmicas.

Desenvolvidos em um ambiente de desenvolvimento *Java* com a participação dos alunos de iniciação científica Fábio Corregio, Cristina Fava Simionato e Kristiane Silveira Fernandes, espera-se que os *applets* criados proporcionem uma significativa contribuição no ensino e na aprendizagem do conteúdo das disciplinas de concreto armado e protendido.

Os *applets* desenvolvidos encontram-se relacionados na página seguinte, e têm o seu nome vinculado ao tema que abordam.

São eles:

- 1) Flexão Simples - Dimensionamento;
- 2) Flexão Simples - Verificação;
- 3) Flexão Composta Normal - Dimensionamento;
- 4) Diagramas de Interação Adimensionais;
- 5) O Conceito de Protensão;
- 6) Perdas por Atrito em Cabos Pós-Tensionados;
- 7) Perdas por Acomodação das Cunhas de Ancoragem;
- 8) Cálculo da Deformação por Fluência e Retração no Concreto.

A figura 2 ilustra alguns dos *applets* desenvolvidos.

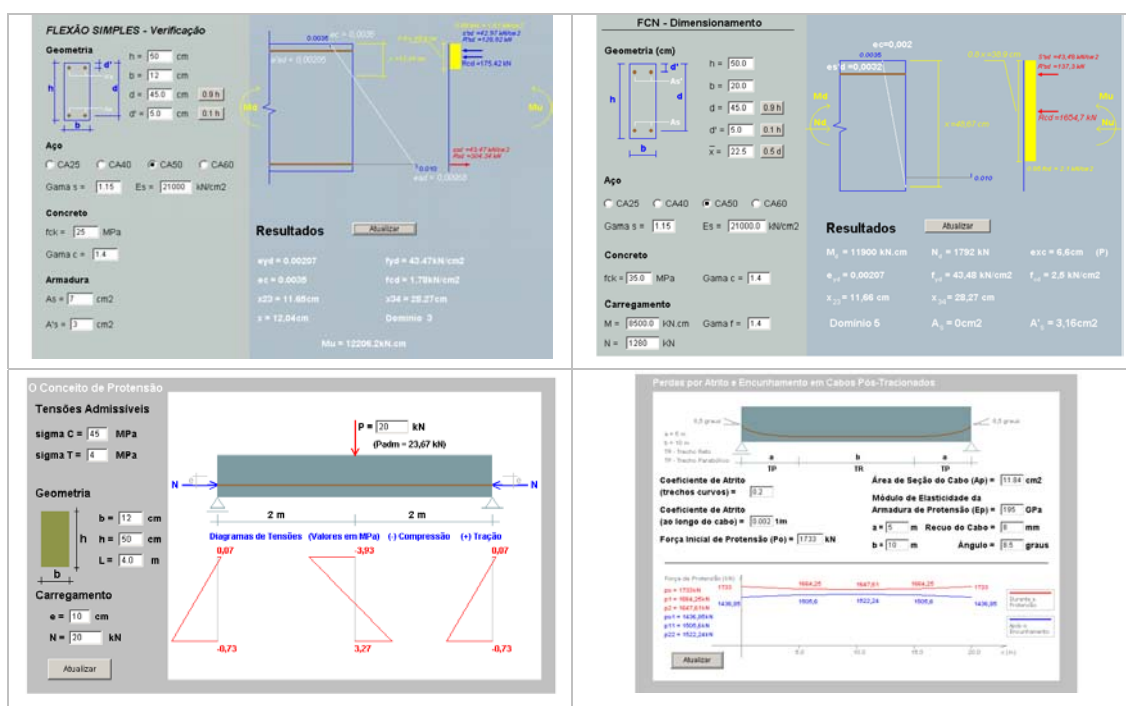


Fig. 2 – Alguns dos *applets* desenvolvidos.

### 5.3 Hipertexto “Flexão Simples”

Esse hipertexto foi desenvolvido com o intuito de proporcionar, na Internet, uma fonte de informações referentes a flexão simples, englobando tanto conteúdo textual como animações e *applets*, de forma a servir de material de complemento didático para professores e fonte de pesquisa e aprofundamento para alunos. A figura 3 apresenta a página de entrada do hipertexto.

O hipertexto também conta com um módulo de exercícios (fig. 4), o qual, desenvolvido com os *softwares Flash, Dreamweaver, Fireworks e Corel DRAW*, conta com aprazível interface e fácil navegação. O conteúdo textual foi dividido em oito módulos, sendo que

seis deles apresentam vínculos para animações e *applets* que complementam a compreensão do texto apresentado.



Fig. 3 – Página principal do hipertexto “Flexão Simples”.

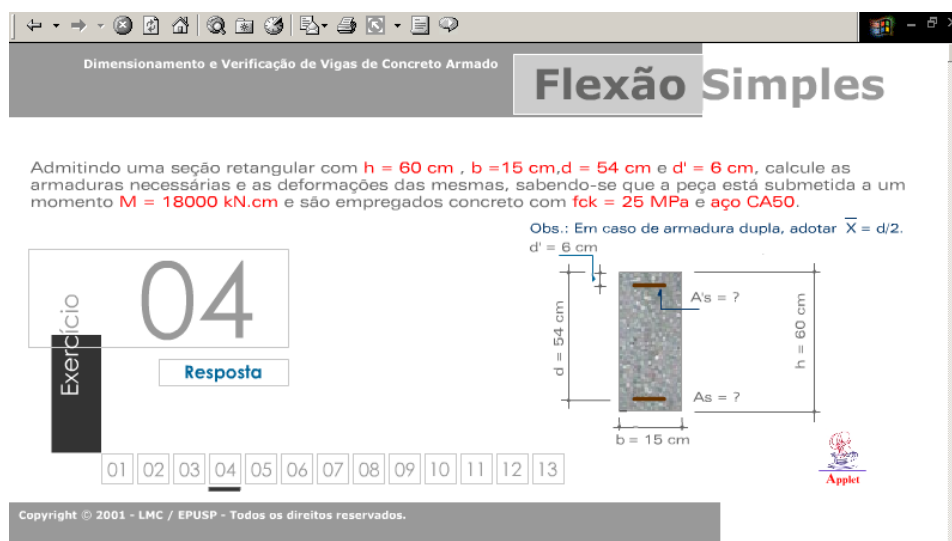


Fig. 4 – Módulo de exercícios: Exercício 04.

#### 5.4 Vídeo “Concreto Protendido”

Abordando os fundamentos do concreto protendido, o vídeo foi produzido pela Belgo-Mineira e originalmente disponibilizado em formato VHS (*Video Home System*). Como a proposta do trabalho previa que o vídeo deveria ser disponibilizado via Internet ou por meio de um CD-ROM, ele foi digitalizado e posteriormente editado, sendo que no processo de digitalização foi utilizada uma placa de aquisição de vídeo *Pinnacle*, e para a edição do conteúdo já digitalizado, foi empregado o *software Adobe Premiere*.

Uma vez digitalizado e editado, foi constatado que o arquivo do vídeo digitalizado, de 11 minutos e 54 segundos de duração, apresentava um tamanho de 1.37 GB, que

impossibilitava a sua inclusão em um CD-ROM e o tornava inviável de ser visto por meio da Internet. Para contornar esses problemas, dois procedimentos foram adotados, e são tratados a seguir.

O primeiro procedimento consistiu em comprimir o arquivo de vídeo, utilizando-se para isso o software *VirtualDub*. Com isso, obteve-se um arquivo bem menor (140 MB), preservando a alta qualidade de vídeo e áudio. Entretanto, para a visualização do vídeo, é necessário o uso de um *codec* (*codificador-decodificador*), que é o programa responsável pela descompactação do arquivo. Essa medida tornou possível incluir o vídeo em um CD-ROM, mas seu tamanho ainda tornava o seu acesso pela Internet impraticável.

Para viabilizar o vídeo pela Internet, foi feita uma compressão ainda maior, aliada a uma segmentação do arquivo resultante em várias partes. Embora a compressão aplicada tenha acarretado uma sensível perda de qualidade gráfica, o áudio teve a sua qualidade praticamente inalterada, e o resultado final foi bastante satisfatório.

## 5.5 CD-ROM

CD-ROM significa *Compact Disk, Read Only Memory* (disco compacto apenas de leitura), e como o próprio nome diz, os CD-ROMs já vem gravados, e não podem ser alterados pelo usuário. Os CD-ROMs atuais têm capacidade de armazenamento de até 700 MB (megabytes), o que corresponde a mais de 480 disquetes de 1.44 MB, constituindo um excelente meio para disseminar grandes volumes de informação, especialmente produtos multimídia.

Tendo em vista que alguns dos recursos desenvolvidos, como o vídeo, requerem Internet de alta velocidade para que sua utilização *on-line* seja satisfatória, e que são relativamente poucas as salas de aula com um ponto de acesso à Internet, o conteúdo multimídia desenvolvido foi disponibilizado sob a forma de um CD-ROM, de forma a possibilitar o uso dos recursos independentemente de conexões com a Internet.

O CD-ROM foi feito utilizando-se o *Macromedia Director*, e integra as animações, os *applets*, o hipertexto “Flexão Simples” e o vídeo. Os aplicativos necessários para a visualização *off-line* de todo o conteúdo também foram disponibilizados.

## 6. UTILIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS RECURSOS

Uma vez concluídos, os recursos multimídia desenvolvidos eram prontamente utilizados em sala de aula, sendo que os seguintes equipamentos foram empregados quando do uso dos recursos:

- Computador portátil;
- Projetor multimídia;
- Telão.

O hipertexto, os *applets* e animações que tratam do concreto armado foram intensamente utilizados na disciplina PEF 2304 – Estruturas de Concreto II, e nas aulas em que foi feito uso do conteúdo multimídia, foi possível obter melhor aproveitamento do tempo disponível, por parte do professor, e facilitação da compreensão dos assuntos e melhor visualização dos fenômenos tratados, por parte dos alunos.

O conteúdo multimídia voltado para os tópicos de concreto pretendido ainda não foi aplicado em disciplinas de graduação da Escola Politécnica da USP (EPUSP), embora parte do material desenvolvido tenha sido utilizado na disciplina ES09 (Estabilidade Global e Análise de Peças Esbeltas), do curso de especialização em Gestão de Projetos de Sistemas Estruturais, da EPUSP.

Concluídas todas aulas nas quais os recursos multimídia foram utilizados, e objetivando perceber o grau de contribuição do conteúdo desenvolvido, foi distribuído um questionário para vinte alunos do curso de Engenharia Civil matriculados na disciplina PEF 2304 – Estruturas de Concreto II, do Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações da Escola Politécnica da USP, sendo esses alunos aqueles que compareceram à aula nesse dia. O questionário aplicado apresentava 22 perguntas.

O questionário não solicitava a identificação do aluno, entretanto, em sua primeira seção, informações gerais, como sexo e repetência na disciplina foram solicitadas. Todos os alunos presentes eram do sexo masculino, e desses, três cursavam a disciplina pela segunda vez, e um pela terceira.

A segunda seção do questionário buscava avaliar o nível de conhecimentos dos alunos nos tópicos cujas aulas foram dadas com auxílio dos recursos multimídia, qual a importância atribuída aos recursos nesse processo, e se o professor da matéria modificou a sua metodologia durante o período em que as aulas tiveram o suporte multimídia. As figuras 5 e 6 trazem gráficos baseados nas respostas fornecidas sobre como os alunos avaliavam seus conhecimentos sobre flexão simples e flexão composta normal, respectivamente.

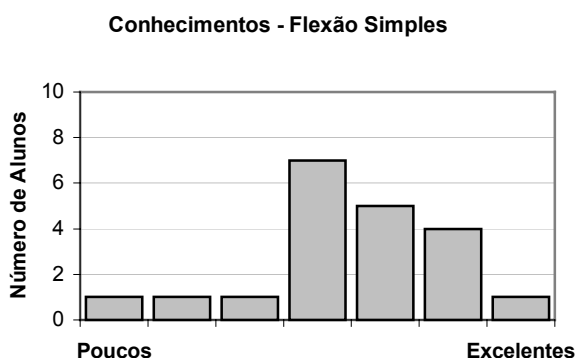


Fig. 5 – Respostas dos alunos em relação aos conhecimentos sobre flexão simples.

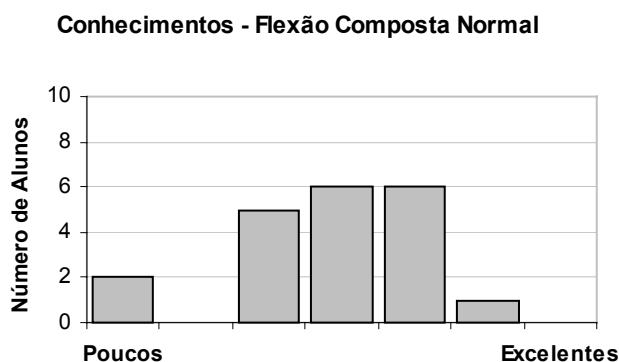


Fig. 6 – Respostas dos alunos em relação aos conhecimentos sobre flexão composta normal.

Uma avaliação da importância do uso do material multimídia decorre imediatamente das respostas fornecidas ao item que tratou da contribuição dos recursos na compreensão dos assuntos considerados. De acordo com a figura 7, que apresenta um gráfico que indica a relevância do conteúdo multimídia no entendimento dos assuntos (de acordo com o preenchimento do questionário), das 20 respostas fornecidas, 15 delas (o equivalente a 75% do total) consideram que a contribuição foi bem positiva.

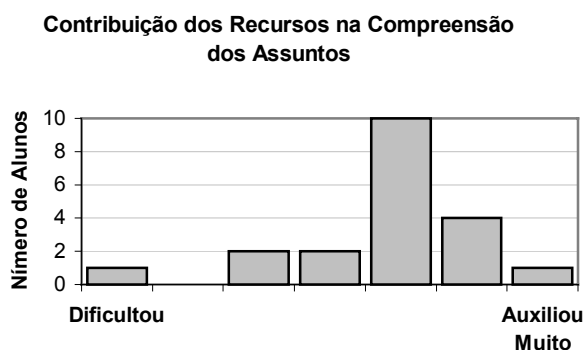


Fig. 7 – Contribuição dos recursos multimídia na compreensão dos assuntos.

Sobre a metodologia empregada pelo professor, 13 alunos consideraram que houve uma alteração no método de ensino quando da utilização do pacote multimídia, enquanto 7 apresentaram opinião contrária. O item que solicitava comentários relativos às mudanças percebidas foi preenchido de forma bastante diversificada. Nesse tópico, a classe ficou dividida em dois grupos: Os que consideraram a aula mais dinâmica, e que viram nisso um aspecto positivo (5 alunos) e aqueles que não consideraram o ritmo da aula adequado, considerando que esse dinamismo dificultava a compreensão e originava a diminuição do interesse pela aula (3 alunos).

Esse tipo de resposta evoca a necessidade de considerar, no processo de ensino-aprendizagem, as diversas características dos alunos, no que diz respeito aos seus ritmos e formas de construir o conhecimento. No tocante ao ensino de Concreto armado e protendido, o que se tem visto, em geral, é a ênfase, por parte dos professores, de um determinado estilo de ensinar, o que, por sua vez, privilegia uma determinada dimensão de um modelo de aprendizagem em detrimento de outros.

Sobre o uso do hipertexto, animações e *applets*, em casa ou na Universidade, fora do horário de aula, as respostas obtidas proporcionaram a geração do gráfico apresentado na figura 8.

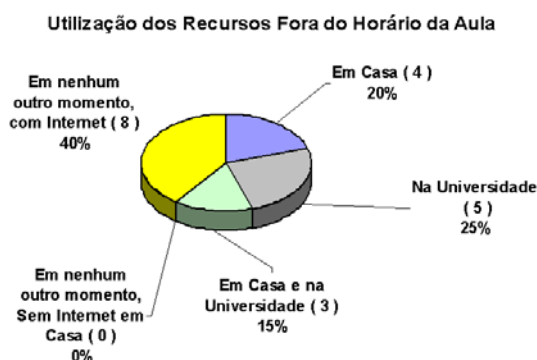


Fig. 8 – Comparação entre as diversas formas de utilização dos recursos multimídia, por meio da Internet.

Embora 40% dos alunos não tenha acessado o conteúdo na Internet, mesmo tendo condições de fazê-lo, 60% fez uso dos recursos, estando distribuídos segundo indicado na figura 8. A última questão da seção 2 tencionava obter qualitativamente como o material multimídia afetou a motivação dos alunos. O gráfico apresentado na figura 9 mostra a distribuição das respostas na escala que se estende desde a diminuição até um grande aumento da motivação. Do gráfico em questão, percebe-se que 16 alunos (80%) e consideraram beneficiados com a utilização dos recursos, e 4 se sentiram prejudicados nesse aspecto. Percebe-se que este percentual é bastante compatível com o observado a partir das respostas referentes ao auxílio dos recursos na compreensão dos assuntos tratados (cf. fig. 7).



Fig. 9 – Respostas referentes a influência do uso dos recursos na motivação.

A seção 3 traz questões orientadas à avaliação dos recursos multimídia, sendo considerados aspectos como quantidade de conteúdo, importância dos tópicos selecionados, interface e avaliação geral.

Os alunos mostraram-se satisfeitos quanto ao conteúdo do hipertexto e das animações utilizadas. Acerca da importância dos tópicos tratados nos *applets* e animações, foram obtidas respostas que indicam o acerto da equipe de planejamento quando da elaboração do material multimídia.

## 7. CONCLUSÕES

O advento de novas tecnologias tem proporcionado várias modalidades de aplicações no ensino de Engenharia, figurando entre as mais utilizadas na atualidade, os recursos de multimídia interativa, com utilização *off-line* ou pela Internet. O uso de material multimídia na Engenharia de Estruturas tem trazido benefícios a vários alunos, ao motivá-los e ajudá-los a visualizar várias situações teóricas consideradas importantes para a formação de um bom profissional (Shepherdson, 2001).

Os recursos multimídia, quando planejados e criados visando a sua introdução em um ambiente de ensino, requerem para o seu desenvolvimento, não apenas conhecimentos técnicos associados aos diversos programas que deverão ser utilizados na produção do material, mas também estudos referentes a características de interface mais adequadas, e um significativo tempo a ser empregado durante a construção dos recursos nos ambientes de desenvolvimento. A avaliação dos recursos após o seu uso em sala de aula é um procedimento que não pode ser desprezado, pois constitui a chave para detectarmos os pontos positivos e negativos do material multimídia e da metodologia

adotada quando da utilização dos recursos, de forma a tornar possível o aperfeiçoamento dos componentes avaliados.

A avaliação realizada após a utilização do material que foi desenvolvido permitiu perceber a ocorrência de contribuições postuladas e observadas por outros pesquisadores quando do emprego de recursos multimídia, tais como o aumento de motivação por parte da maioria dos alunos em relação ao conteúdo tratado e a facilitação da aprendizagem mediante a introdução da interatividade no processo de ensino. Pela avaliação, também fica a certeza que a metodologia utilizada quando do desenvolvimento dos recursos é adequada, tendo em vista as respostas proporcionadas em relação a avaliação geral dos recursos e aos aspectos pertinentes ao conteúdo colocado em formato multimídia, aos elementos de interface e navegação.

Com o material multimídia desenvolvido, foi possível proporcionar, em tópicos das disciplinas Concreto armado e Concreto protendido, novas opções para os professores compartilharem seus conhecimentos e experiências, além de fornecer um conteúdo em um formato mais atual, inovador e explicativo. Para os alunos, foi proporcionado um ambiente no qual é possível aprofundar o que aprenderam em sala de aula, despertando motivação e interesse pelos assuntos tratados.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALDAS, R.F. (2000) **Novas tecnologias para uma nova educação**, Disponível em: <[http://sites.uol.com.br/cdchaves/novas\\_tecnologias.htm](http://sites.uol.com.br/cdchaves/novas_tecnologias.htm)> Acesso em 7 nov. 2000.

CYSNEIROS, P.G.(2000) **Novas tecnologias no cotidiano da escola**. Disponível em: <[http://www.proinfo.gov.br/didatica/testosie/prf\\_txtie8.shtm](http://www.proinfo.gov.br/didatica/testosie/prf_txtie8.shtm)> Acesso em 9 abr. 2000.

FLEMMING, D.M.; LUZ, E.F. (2000) **A educação a distância nas engenharias: relatos de uma Experiência**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 28., Ouro preto, 2000. **XXVIII COBENGE**. Brasília: ABENGE, 2000. 1 CD-ROM.

GUERRA, J.H.L. (2000) **Utilização do computador no processo de ensino-aprendizagem: Uma aplicação em planejamento e controle da produção**. São Carlos, 2000. 159p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

LE ROY, L.N. (1997). **A Internet na aprendizagem: aplicação do correio eletrônico em atividade pedagógica para alunos do ensino fundamental**. Brasília, 2001. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Educação, Universidade de Brasília.

LÉVY, P. (1993). **As tecnologias da inteligência: O futuro do pensamento na era da informática**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.

LINSINGEN, I. *et al* (1999). **Formação do engenheiro: Desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões contemporâneas da educação tecnológica**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

LOUREIRO, F.C.C. (2000) **Reflexão crítica sobre a prática docente atual nas engenharias**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 28., Ouro preto, 2000. **XXVIII COBENGE**. Brasília: ABENGE, 2000. 1 CD-ROM.

METHA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. (1994). **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**, São Paulo: PINI, 1994.

NETO, A. H. (2000) **Avaliação de metodologia de ensino centrada no aluno**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 28., Ouro preto, 2000. **XXVIII COBENGE**. Brasília: ABENGE, 2000. 1 CD-ROM.

PRIMO, A.F.T. (1996) **Multimídia e educação**. Revista de divulgação cultural, n.60, Blumenau, 1996.

SHEPHERDSON, E. (2001) **Teaching concepts utilizing active learning computer environments**. Massachusetts, 2001. 159p. Tese(Doutorado) – Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology.

SILVA, P.A.L. (2000) **Adestrando o aluno para fazê-lo pensar**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 28., Ouro preto, 2000. **XXVIII COBENGE**. Brasília: ABENGE, 2000. 1 CD-ROM.

SOUZA, L.S.H. (2001) **O Uso da Internet como ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem da engenharia de transportes**. São Carlos, 2001. 138p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

TAKAHASHI, T. (Org.)(2000) **Sociedade da informação no Brasil**: livro verde. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000.

VASCONCELLOS, C.S. (1995) **Construção do conhecimento em sala de aula**. São Paulo: Libertad, 1995.

VIEIRA, F.M.S. (2000) **A utilização das novas tecnologias na educação numa perspectiva construtivista**. Disponível em < <http://www.proinfo.gov.br/biblioteca/textos/txnovatec.pdf> > Acesso em 22 out. 2001.

ZEM-MASCARENHAS, S.H; CASSIANI, S.H.B. (2001) Desenvolvimento e avaliação de um software educacional para o ensino de enfermagem pediátrica. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, Ribeirão Preto: EERP, v. 9, n. 6, p.13-18, nov. 2001.