



## O USO DE ANIMAÇÕES PARA INTRODUIZIR CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA MECÂNICA DAS ESTRUTURAS: RELATO E AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA

**Daniel Abdo Brohem Ventri** – daniel.ventri@poli.usp.br

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, Av. Professor Almeida Prado, trav. 2, nº 83  
05508-900 – São Paulo, SP

**Henrique Lindenberg Neto** – henrique.lindenberg@poli.usp.br

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, Av. Professor Almeida Prado, trav. 2, nº 83  
05424-970 – São Paulo, SP

**Resumo:** *No Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo estão sendo desenvolvidos vários projetos de uso da informática no ensino da engenharia de estruturas; um deles, em curso na disciplina PEF-2200 “Introdução à Mecânica das Estruturas”, é o do desenvolvimento de animações para apresentar alguns conceitos fundamentais da mecânica das estruturas: diagramas de esforços solicitantes, linhas de influência, vigas Gerber e demais estruturas associadas. Os objetivos destas animações são: facilitar o aprendizado dos conceitos mencionados e tornar o ensino da engenharia de estruturas mais atraente para os alunos. As animações foram elaboradas de junho de 2000 a novembro de 2001, tendo sido preparadas duas versões: uma versão só com as animações, sem textos explicativos, para uso nas aulas expositivas com a complementação de explicações orais do professor, e uma versão com as mesmas animações, mas acompanhadas por textos explicativos, para ser utilizada pelos alunos em sessões de estudo individual via internet. Neste primeiro semestre de 2002, as animações estão sendo utilizadas pela primeira vez, tanto em sala de aula pelos professores como via internet pelos alunos. Estas animações foram avaliadas pelos alunos às quais se destinam, e os resultados das avaliações mostram que elas têm sido bem recebidas pelos alunos e que cumprem o objetivo pretendido de facilitar a compreensão e o aprendizado dos conceitos.*

**Palavras-chave:** *Tecnologia educacional, Ensino de engenharia, Teoria das estruturas, Resistência dos materiais, Animações*

### 1. INTRODUÇÃO

O uso de multimídia no ensino de engenharia está se tornando cada vez mais interessante e necessário por duas razões principais: a) os avanços tecnológicos recentes e a diminuição de custo tanto dos equipamentos – “hardware” – como dos programas – “software” – vêm tornando mais acessíveis às instituições de ensino, a seus professores e a seus alunos recursos de multimídia extremamente poderosos e versáteis; b) os alunos, cada vez mais acostumados à informática mais e mais difundida em todas as atividades de nosso dia-a-dia, esperam encontrar e utilizar estes recursos modernos e atuais em seus cursos de engenharia.

Por estas razões, no Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, várias iniciativas vêm sendo tomadas para



introduzir recursos de multimídia nos cursos de graduação; dentre elas inclui-se o projeto de pesquisa “Investigação de novas metodologias para o ensino de engenharia de estruturas utilizando recursos de multimídia interativa” que, desde o primeiro semestre de 2000, vem sendo desenvolvido por quatro professores do Departamento. Este projeto integrado de pesquisa é financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, e vem sendo desenvolvido por estes professores e por alunos de iniciação científica com bolsa da FAPESP.

O objetivo do projeto é a elaboração de materiais educacionais a serem utilizados nas disciplinas de Mecânica das Estruturas e nas disciplinas de Estruturas de Concreto ministradas pelo Departamento.

Neste artigo será apresentado o material educacional elaborado para uso na disciplina PEF-2200 “Introdução à Mecânica das Estruturas”, a primeira disciplina de engenharia de estruturas do curso de engenharia civil, ministrada aos alunos do 3º semestre do curso. O material educacional elaborado consiste em animações sobre os conceitos discutidos na disciplina, apresentações que contêm tais animações para utilização em sala de aula e um site que contêm tais animações para utilização pelos alunos via internet. O segundo autor deste trabalho é o professor responsável por esta disciplina, e o primeiro autor é o bolsista de iniciação científica da FAPESP que desenvolveu tais materiais, e que hoje está no quinto ano do curso de engenharia civil.

Este projeto já foi parcialmente apresentado no COBENGE 2001 através de um artigo e de uma apresentação oral seguida de uma discussão baseada em pôsters (VENTRI e LINDENBERG NETO, 2001). O projeto também foi apresentado no 9º SIICUSP (Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP) através da exposição de um pôster durante 3 horas (VENTRI, 2001). No presente artigo o projeto será apresentado de forma sucinta, dando-se mais ênfase ao relato e à avaliação desta experiência.

## **2. DESCRIÇÃO DO PROJETO**

### **2.1 A disciplina PEF-2200 “Introdução à Mecânica das Estruturas”**

A disciplina PEF-2200 “Introdução à Mecânica das Estruturas” tem como objetivos a introdução dos conceitos de tensão, de esforços solicitantes e de linhas de influência, a determinação dos diagramas de esforços solicitantes de estruturas isostáticas e das linhas de influência de vigas simples isostáticas, e uma introdução ao comportamento estrutural de alguns sistemas estruturais simples: vigas retas e poligonais, treliças, pórticos triarticulados, arcos triarticulados, vigas Gerber e algumas outras estruturas associadas simples.

A disciplina possui 4 créditos, sendo semanalmente ministradas duas aulas expositivas de 100 minutos de duração cada uma. A disciplina tem como textos básicos duas apostilas do Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações da Escola Politécnica, (LINDENBERG NETO, 1997 e 2001). Além destas duas apostilas com a teoria, listas de exercícios com respostas e as provas mais recentes da disciplina com seus respectivos gabaritos estão à disposição dos alunos em um site da disciplina na internet: [www.lmc.ep.usp.br/people/hlinde/Pef-2200/HOME.htm](http://www.lmc.ep.usp.br/people/hlinde/Pef-2200/HOME.htm). As animações desenvolvidas e apresentadas neste artigo podem ser acessadas por este mesmo site.

### **2.2 As animações desenvolvidas**

As animações desenvolvidas visam tornar o ensino da engenharia de estruturas mais atraente para os alunos. Ao utilizar recursos de visualização, de interatividade e de



manipulação pelo usuário pretende-se facilitar e atrair os alunos para o aprendizado da mecânica das estruturas.

O objetivo do projeto era o desenvolvimento de animações que possibilitassem a visualização dos esforços solicitantes – força normal, força cortante, momento fletor e momento torçor – e de seus efeitos, a visualização do teorema fundamental (teorema do corte), a visualização dos diagramas de esforços solicitantes de vigas simples isostáticas planas, a visualização das relações entre os esforços solicitantes e as deformações de uma viga, a apresentação das equações diferenciais de equilíbrio, a visualização das linhas de influência de vigas simples isostáticas planas, a visualização do conceito de vigas Gerber, decorrentes da associação em série de vigas simplesmente apoiadas – com e sem balanços – e de vigas em balanço, a visualização do caminhamento dos esforços, da decomposição, da deformação, dos diagramas de esforços solicitantes e das linhas de influência das vigas Gerber, a visualização do conceito das demais estruturas associadas isostáticas, obtidas pela associação de estruturas isostáticas mais complexas – vigas simples, vigas Gerber, pórticos triarticulados e arcos triarticulados – e a visualização do caminhamento dos esforços, da decomposição e dos diagramas de esforços solicitantes das estruturas associadas isostáticas.

Foram preparadas duas versões das animações: uma versão só com as animações, sem textos explicativos, para uso nas aulas expositivas, complementadas pelas explicações orais do professor, e uma versão com as mesmas animações, mas acompanhadas por textos explicativos, para serem utilizadas pelos alunos em sessões de estudo individual via internet.

As animações se baseiam no material encontrado nas duas apostilas da disciplina, e apresentam de forma dinâmica seqüências de raciocínios e procedimentos descritos de forma discursiva no texto das apostilas. É exatamente nesta possibilidade de se apresentar por meio de imagens dinâmicas procedimentos que são dinâmicos por natureza, mas muito difíceis de descrever por meio de palavras, que reside um dos principais valores didáticos das animações elaboradas.

O projeto foi iniciado em junho de 2000 e teve seu término em novembro de 2001. Neste período foram desenvolvidas as animações referentes: ao conceito de esforços solicitantes; ao teorema do corte; à compressão de uma barra (força normal de compressão); à tração de uma barra (força normal de tração); à flexão de uma barra (momento fletor); à torção de uma barra (momento torçor); ao escorregamento das seções transversais de uma barra devido à ação da força cortante; às deformações produzidas pelos esforços solicitantes; ao diagrama de esforços solicitantes de uma viga em balanço solicitada por uma força transversal  $P$ ; ao diagrama de esforços solicitantes de uma viga em balanço solicitada por uma força transversal  $P$  e por uma força longitudinal  $P$ ; ao diagrama de esforços solicitantes de uma viga em balanço solicitada por um momento  $M$ ; ao diagrama de esforços solicitantes de uma viga em balanço solicitada por duas forças transversais,  $P$  e  $2P$ ; ao diagrama de esforços solicitantes de uma viga em balanço solicitada por um carregamento distribuído  $p$ ; ao diagrama de esforços solicitantes de uma viga simplesmente apoiada solicitada por uma força transversal  $P$ ; ao diagrama de esforços solicitantes de uma viga simplesmente apoiada solicitada por um momento  $M$ ; ao diagrama de esforços solicitantes de uma viga simplesmente apoiada solicitada por um carregamento distribuído  $p$ ; ao diagrama de esforços solicitantes de uma viga simplesmente apoiada com um balanço solicitada por uma força transversal  $P$ ; ao diagrama de esforços solicitantes de uma viga simplesmente apoiada com dois balanços solicitada por uma força transversal  $P$  e por um momento  $M$ ; à convenção de sinais dos esforços solicitantes; à dedução e à aplicação das equações diferenciais de equilíbrio; ao conceito de linha de influência; à construção das linhas de influência de uma viga simplesmente apoiada; à construção das linhas de influência de uma viga em balanço; à construção das linhas de influência de uma viga simplesmente apoiada com dois balanços; ao conceito de diagrama de máximos e mínimos; à forma de se obter os esforços produzidos por cargas móveis



uniformemente distribuídas; à construção dos diagramas de máximos e mínimos momentos fletores de uma viga simplesmente apoiada; à construção dos diagramas de máximas e mínimas forças cortantes de uma viga simplesmente apoiada; ao conceito das vigas Gerber, incluindo o caminhamento dos esforços, a deformação e a decomposição das mesmas; à decomposição das vigas Gerber, incluindo a deformação das mesmas; à construção dos diagramas de esforços solicitantes de uma viga Gerber, incluindo a decomposição e o caminhamento dos esforços; à construção das linhas de influência de uma viga Gerber; ao conceito das demais estruturas associadas, incluindo a decomposição das mesmas; e à construção dos diagramas de esforços solicitantes das demais estruturas associadas, incluindo o caminhamento dos esforços e a deformação das mesmas.

Também foram desenvolvidos os seguintes sites: o primeiro vinculado à página do Laboratório de Mecânica Computacional relativa aos alunos de iniciação científica, que relata este projeto financiado pela FAPESP – [www.lmc.ep.usp.br/people/abdo](http://www.lmc.ep.usp.br/people/abdo); o segundo vinculado ao site acima, referente a este projeto, dando informações sucintas sobre o objetivo deste projeto – [www.lmc.ep.usp.br/people/abdo/projeto.htm](http://www.lmc.ep.usp.br/people/abdo/projeto.htm); e o último criado em Dreamweaver, que visa apresentar os trabalhos já realizados – [www.lmc.ep.usp.br/people/abdo/animacoes.htm](http://www.lmc.ep.usp.br/people/abdo/animacoes.htm).

A melhor forma de conhecer este projeto e as animações realizadas é por meio de uma visita ao site [www.lmc.ep.usp.br/people/abdo/animacoes.htm](http://www.lmc.ep.usp.br/people/abdo/animacoes.htm), pois vê-las em pleno funcionamento é a melhor forma de examiná-las e avaliá-las. As animações divulgadas neste site fazem parte da versão das animações acompanhadas por textos explicativos para uso pelos alunos em estudo individual.

Para ilustrar as animações desenvolvidas, apresentam-se abaixo fases de uma animação referente ao conceito de linha de influência, buscando exemplificar a seqüência das mesmas.

A “Figura 1” apresenta algumas etapas desta animação. A etapa 1 apresenta a viga simplesmente apoiada que será utilizada para a demonstração do conceito e uma balança que será utilizada para medir o valor do esforço solicitante que se quer obter, à medida que uma carga unitária caminha pela viga. A etapa 2 apresenta a construção da linha de influência da reação vertical do apoio esquerdo, e para isso o apoio esquerdo fica sobre o prato da balança já mencionado. Observa-se que a carga unitária se encontra no meio do vão e o ponteiro da balança indica o valor 0,5, que representa exatamente a reação do apoio esquerdo, quando a carga unitária se encontra na posição indicada. A etapa 3 apresenta a construção das linhas de influência dos dois apoios ao mesmo tempo, evidenciando que a equação de equilíbrio de forças na direção vertical impõe que a soma das reações sempre resulte no valor unitário. A etapa 4 apresenta a balança que será utilizada para a construção da linha de influência de forças cortantes na seção S no meio do vão. Observa-se que esta balança possui duas escalas, a maior indicando valores positivos de força cortante e a menor indicando valores negativos. Finalmente, na etapa 5 apresenta-se a construção das linhas de influência de forças cortantes e de momentos fletores simultaneamente.

Ilustrando o material que está sendo utilizado em sala de aula, mostra-se a seguir o modelo de apresentações desenvolvido. Estas apresentações consistem na reunião de algumas das animações já descritas anteriormente, numa só apresentação, facilitando a sua utilização.

A “Figura 2” apresenta três etapas da primeira apresentação desenvolvida. Nesta apresentação estão reunidas as animações referentes ao conceito de esforços solicitantes, ao teorema do corte, às deformações produzidas pelos esforços solicitantes e à convenção de sinais dos mesmos. A etapa 1 é repetida em todas as apresentações, e nela consta o título do trabalho de iniciação científica desenvolvido, a instituição financiadora do projeto, o nome do autor do projeto e da instituição de ensino. A etapa 2, já específica para esta apresentação, mostra os três temas principais que a apresentação contém. Caso o professor acione o botão relativo ao teorema do corte, ou à convenção de sinais, passa-se a apresentar as próprias







**Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**  
PEF - Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações  
LMC - Laboratório de Mecânica Computacional

*Usando multimídia interativa no ensino  
de dois conceitos fundamentais da engenharia de estruturas:  
diagramas de esforços solicitantes e linhas de influência*

**Daniel Abdo Brohem Ventri**

Etapa 1



  

*Usando multimídia interativa no ensino  
de dois conceitos fundamentais da engenharia de estruturas:  
diagramas de esforços solicitantes e linhas de influência*

**Esforços solicitantes**



**Teorema do corte**



**Convenção de sinais**

+ -

Etapa 2



*Usando multimídia interativa no ensino  
de dois conceitos fundamentais da engenharia de estruturas:  
diagramas de esforços solicitantes e linhas de influência*

**Esforços solicitantes**

**Compressão**



**Conceito**



**Tração**



**Flexão**



**Ação da cortante**



**Torção**



Etapa 3



Figura 2 – Modelo de apresentação em sala de aula

### 3.1 Final do ano 2000

No final do ano 2000 solicitou-se aos alunos que haviam cursado a disciplina PEF-2200 “Introdução à Mecânica das Estruturas” no semestre anterior que fizessem uma avaliação das animações por meio de críticas, elogios e sugestões via e-mail. Acredita-se que os alunos sejam os melhores avaliadores deste projeto, uma vez que é a eles que se destinam as animações.

Nestas avaliações sugeriu-se que a animação referente ao conceito de esforços solicitantes apresentasse os textos explicativos em conjunto ao processo dinâmico da animação. Esta sugestão não pôde ser aproveitada, pois os textos explicativos são extensos, o processo dinâmico da animação deve ser compreensível e para isso deve possuir um tamanho adequado, o que limita o espaço disponível. Acredita-se que uma boa leitura do texto que antecede o processo dinâmico seja a melhor forma de utilizar as animações como material de estudo.

### 3.2 Maio de 2001

As animações foram utilizadas pela primeira vez na disciplina em maio de 2001, quando foram ligadas à página da disciplina na internet a fim de que os alunos pudessem utilizá-las em sua preparação para a segunda prova da disciplina. Em seguida, foi elaborado um questionário de avaliação das animações, que foi distribuído aos alunos. De acordo com estas avaliações, as animações são muito boas e cumprem o objetivo de facilitar a compreensão dos conceitos apresentados; destacaram-se como excelentes a qualidade gráfica, a apresentação dos textos explicativos, o conteúdo dos textos explicativos e a utilidade das animações; finalmente, destacaram-se como boas a clareza e a capacidade de facilitar a compreensão dos



conceitos referentes às animações. Um dos alunos criticou os textos explicativos, avaliando-os como um pouco confusos.

### 3.3 Primeiro Semestre de 2002

No primeiro semestre deste ano (2002), as animações foram utilizadas pela primeira vez na sala de aula como material integrante das aulas expositivas. Foram utilizadas as animações sem textos explicativos, que foram complementadas por explicações orais e anotações auxiliares feitas na lousa pelos professores. Em seu emprego, os botões controladores do avanço das animações foram bastante usados para adaptar a velocidade das apresentações às explicações do professor. Nestas apresentações, os professores orientaram os alunos a usar as animações disponíveis na internet como material de estudo individual, o que eles realmente passaram a fazer, embora ainda de forma um pouco tímida. Alguns dados de acesso da página relativa às animações são apresentados: desde 29 de abril deste ano até 21 de maio, a página foi acessada 87 vezes, sendo 83 de origem brasileira, uma argentina, uma francesa, uma suíça e uma desconhecida. O maior número de acessos deu-se no período entre 8 de maio e 15 de maio, período que antecedeu à segunda prova da disciplina neste semestre. O dia 15 de maio, véspera da prova, foi o dia em que houve maior número de acessos, 13 no total.

Foi elaborado um novo questionário de avaliação das animações, que foi entregue aos alunos junto com a segunda prova, realizada no dia 16 de maio. Este questionário foi respondido por 120 alunos, e com ele pôde-se obter uma avaliação real da importância do material desenvolvido. Apresentam-se aqui este questionário e suas respostas.

A primeira pergunta era: Você esteve presente a alguma das aulas em que as animações foram utilizadas? Obtiveram-se 102 respostas positivas e 18 respostas negativas.

A segunda pergunta foi: Em sua opinião, as animações cumpriram o objetivo de facilitar a compreensão da matéria apresentada nas aulas? A terceira pergunta foi: Em sua opinião, as animações foram bem utilizadas pelo professor? A quarta pergunta foi: Você preferiria que as aulas de PEF-2200 fossem apenas as tradicionais, sem o uso de animações? A quinta pergunta foi: Minha opinião global sobre o uso das animações na sala de aula é: As respostas poderiam variar de 0 (muito ruim) até 10 (muito boa), ou de 0 (positivamente não) até 10 (positivamente sim). Os resultados obtidos em média estão apresentados na “Tabela 1”.

Tabela 1 – Respostas às perguntas 2, 3, 4 e 5.

Pergunta	Resposta
2	8,6 ± 1,2
3	9,0 ± 1,4
4	1,2 ± 2,7
5	8,6 ± 1,8

A sexta pergunta foi: Em sua opinião, quais são as maiores qualidades do uso das animações na sala de aula? Apresentam-se a seguir algumas das respostas mais freqüentes e significativas: “Facilita o entendimento da matéria com os movimentos que não são possíveis executar na lousa”; “Além do aprendizado ser feito de uma forma mais descontraída, proporcionando maior interesse dos alunos, as animações proporcionam uma visão mais prática e real”; “Fuga da rotina, melhor entendimento”; “A aula fica mais dinâmica e o aprendizado mais fácil”; “Fácil visualização e compreensão”.

A sétima pergunta foi: Em sua opinião, quais são os maiores defeitos do uso das animações na sala de aula? Apresentam-se a seguir algumas das respostas mais freqüentes e significativas: “Os alunos não praticam, apenas assistem”; “Dispersão, sono”; “Falta de



prática”; “Às vezes elas são lentas e em outras ocasiões passam muito rápido”; “Não é possível fazer animações nas minhas anotações”; “Nenhum”.

A oitava pergunta era: Você acessou as animações pela internet? Obtiveram-se 42 respostas positivas e 78 respostas negativas.

A nona pergunta era: Você utilizou as animações da internet como material de estudo? Obtiveram-se 29 respostas positivas e 13 respostas negativas.

A décima pergunta foi: Em sua opinião, as animações da internet cumpriram o objetivo de facilitar a compreensão da matéria? A décima primeira pergunta foi: Em sua opinião, os textos explicativos das animações da internet são claros? A décima segunda pergunta foi: Em sua opinião, os textos explicativos das animações da internet são didáticos? A décima terceira pergunta foi: Minha opinião global sobre as animações da internet é: As respostas poderiam variar de 0 (muito ruim) até 10 (muito boa), ou de 0 (positivamente não) até 10 (positivamente sim). Os resultados obtidos em média estão apresentados na “Tabela 2”.

Tabela 2 – Respostas às perguntas 10, 11, 12 e 13.

Pergunta	Resposta
10	8,5 ± 1,3
11	8,0 ± 1,7
12	8,2 ± 1,7
13	8,9 ± 1,0

A décima quarta pergunta foi: Em sua opinião, quais são as maiores qualidades das animações da internet? Apresentam-se a seguir algumas das respostas mais freqüentes e significativas: “Você pode usar sozinho, voltar e rever algo, o que não pode ser feito em aula”; “Facilidade, comodidade (acessar em casa)”; “Compreensão visual”; “Dá para acessar de qualquer computador, é uma “aula” em que você pode assistir em qualquer lugar a qualquer hora, e também dispensa cópia da lousa da matéria”.

A décima quinta pergunta foi: Em sua opinião, quais são os maiores defeitos das animações da internet? Apresentam-se a seguir algumas das respostas mais freqüentes e significativas: “Nenhum relevante”; “A falta de algumas explicações dos passos deixa algumas dúvidas”; “Falta um professor para esclarecer dúvidas”; “Aparecimento pouco dinâmico (lento) das explicações”.

A décima sexta e última pergunta foi: Por favor, faça aqui os comentários que desejar sobre o uso das animações na sala de aula e pela internet, e apresente suas sugestões para seu aperfeiçoamento. Suas contribuições serão muito importantes para o aprimoramento da disciplina. As mais significativas respostas foram: “As animações jamais substituirão uma boa explicação dada pelo professor na sala, mas têm utilidade na visualização de problemas mais complexos”; “As animações são muito boas, bem didáticas e divertidas”; “As animações são muito boas e cumprem com o objetivo de ajudar o aluno na tarefa de entender a matéria. O único problema, já relatado anteriormente, é que às vezes não conseguimos ler o que está escrito junto às animações, pois as cores das letras não possuem destaque, dificultando a leitura no ambiente da sala de aula”; “O uso das animações não deve ser longo para não tornar as aulas monótonas”; “O uso das animações é de vital importância, pois elas concretizam teorias aparentemente abstratas. Creio que o uso delas deve ser mais intenso, dada a facilidade de compreensão sobre mecânica das estruturas que as animações proporcionam”; “Apóio a idéia de animações, mas eu gostaria de ver estruturas mais complexas, pois aí tais animações são quase essenciais para o entendimento”; “As animações estão ótimas e poderiam estar melhores ainda se comandos (voltar, adiantar) estivessem mais otimizados”; “São ótimas, mas



não são suficientes para entendimento da matéria”; “O uso de animações contribui muito para a visualização do que ocorre nas estruturas”.

Os alunos que cursam a disciplina PEF-2200 são divididos em três turmas, cujas aulas são ministradas por três diferentes professores. As animações foram empregadas nestas três turmas, e os três professores também fizeram uma avaliação da experiência.

Dois deles consideraram muito positivo o uso das animações na sala de aula, mas o terceiro não teve uma opinião assim tão favorável, por achar que elas não despertaram muito o entusiasmo dos alunos presentes às aulas. É interessante observar que a impressão desse professor não foi confirmada pelas avaliações feitas pelos próprios alunos.

Na opinião dos professores, a principal qualidade das animações é a de facilitar o entendimento de conceitos que, sendo dinâmicos por natureza, são mais difíceis de serem introduzidos por meio de apresentações estáticas, como o uso da lousa e do giz.

Os três professores consideram que o principal defeito das animações desenvolvidas é a falta de um maior controle sobre a velocidade da animação e de uma maior mobilidade para se avançar e retroceder dentro de uma animação.

Como o site não possui restrições ao acesso, alguns alunos de outras instituições de ensino já procuraram saber como fariam para obter o material desenvolvido. Um aluno de engenharia elétrica da Universidade São Judas Tadeu, de São Paulo, interessado no assunto, procurou o orientador deste projeto para uma entrevista, visando complementar seus trabalhos de iniciação científica. Um outro caso aconteceu com um aluno de engenharia civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que procurou o orientando e o orientador para obter algumas animações referentes às deformações produzidas pelos esforços solicitantes para poder apresentá-las num seminário desta instituição.

As avaliações feitas e a procura para a utilização das mesmas mostram que elas têm sido bem recebidas pelos alunos aos quais se destinam, e que cumprem o objetivo pretendido de facilitar a compreensão e o aprendizado dos conceitos apresentados na disciplina PEF-2200 “Introdução à Mecânica das Estruturas”.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As animações foram desenvolvidas para ser utilizadas de duas formas: como material complementar ao estudo individual dos alunos, e como ferramenta de auxílio aos professores nas aulas expositivas.

As avaliações realizadas com a série de animações destinadas ao estudo individual mostram que os seus objetivos estão sendo atingidos, e que as animações vêm tendo êxito ao complementar os estudos em sala de aula e os estudos realizados com os materiais tradicionais (livros, apostilas, notas de aula, listas de exercícios, entre outros).

As avaliações realizadas com a série de animações destinadas ao uso dos professores mostram que, utilizando estes novos recursos como ferramenta complementar às tradicionais, o interesse dos alunos em assistir as aulas é maior. Além disso, observou-se que as aulas e os conceitos apresentados foram mais facilmente compreendidos.

As avaliações feitas mostram que, muito embora venham tendo bastante êxito, as animações ainda podem e devem ser aprimoradas, principalmente no tocante a terem uma maior interatividade com o usuário.

Conclui-se então que o trabalho desenvolvido está sendo muito proveitoso. Acredita-se que este projeto esteja atingindo seus objetivos. Espera-se que este trabalho continue sendo desenvolvido e ampliado para os demais conceitos da engenharia de estruturas e para as demais áreas da engenharia civil, e que também seja aproveitado como exemplo para o desenvolvimento de materiais semelhantes – novos recursos tecnológicos para o ensino – para outros cursos de engenharia.



### ***Agradecimentos***

Este projeto só pôde ser desenvolvido devido à bolsa de iniciação científica fornecida pela FAPESP, e por isso o orientador e o bolsista agradecem o incentivo da FAPESP no desenvolvimento de novas tecnologias de ensino. O orientador e o bolsista também agradecem aos alunos da disciplina PEF-2200 pela seriedade e maturidade com que realizaram as avaliações aqui apresentadas.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

LINDENBERG NETO, H. **Introdução à Mecânica das Estruturas: Capítulos 1 a 5**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1997.

LINDENBERG NETO, H. **Introdução à Mecânica das Estruturas: Capítulos 6 a 11**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001.

VENTRI, D. A. B.; LINDENBERG NETO, H. Utilizando animações para introduzir conceitos fundamentais da mecânica das estruturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 29, 2001, Porto Alegre. **Anais (em CD ROOM)**. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2001. p. NTM-257 – NTM-264.

VENTRI, D. A. B. Usando multimídia interativa no ensino de dois conceitos fundamentais da engenharia de estruturas: diagramas de esforços solicitantes e linhas de influência. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 9, 2001, São Paulo. **Anais (em CD ROOM)**. São Paulo: USP, 2001.

### **THE USE OF ANIMATIONS TO INTRODUCE FUNDAMENTAL CONCEPTS OF MECHANICS OF STRUCTURES: REPORT AND EVALUATION OF THE EXPERIENCE**

**Abstract:** *Several projects on the use of informatics in the teaching of structural engineering are under way in the Department of Structures and Foundation Engineering of Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; one of these projects is the development of animations to introduce the concepts of axial-force, shear-force, bending-moment and torque diagrams, influence lines, Gerber beams and other compound structures to the students of the course PEF-2200 "Introduction to mechanics of structures". The aims of these animations are: to facilitate the understanding of these concepts and to make the teaching of structural engineering more appealing to the students. The animations were created from June of 2000 to November of 2001, and two series of them have been produced: one exclusively with the animations, without any explanatory texts, to be used in the classroom, complemented by the professor's oral explanations, and one with the same animations, but accompanied by explanatory texts, to be individually used by the students via the internet. The animations are being used for the first time in this first semester of 2002, both in the classroom by the professors and via the internet by the students. The animations have been evaluated by the students who have used them, and the results of these evaluations show that they are being well received by them and that they are fulfilling their objectives of facilitating the understanding and the learning of the concepts presented.*

**Key-words:** *Educational technology, Engineering education, Theory of structures, Strength of materials, Animations*