



UM LIVRO ELETRÔNICO PARA O ENSINO DE DINÂMICA ESTRUTURAL NOS CURSOS DE ENGENHARIA

José Guilherme Santos da Silva - jgss@uerj.br
Alex da Rocha Mattos - amattos@labbas.eng.uerj.br
Alessandra Rodrigues Ferreira - alessandra@labbas.eng.uerj.br
Saulo Moura da Silva - saulo@labbas.eng.uerj.br
Eduardo Martins Rocha - eduardo@labbas.eng.uerj.br
Ana Edith F. de S. Mesquita - ana@labbas.eng.uerj.br
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, Faculdade de Engenharia, FEN
Rua São Francisco Xavier, N^o 524, Maracanã
CEP: 20550-900, Rio de Janeiro, RJ

***Resumo:** Atualmente, a Internet é considerada como sendo um dos avanços científico-tecnológico-sociais mais importantes e revolucionários dos últimos tempos. A diferença entre o volume referente aos níveis de disseminação de informações que se tem nos dias de hoje quando comparado com o que era possível e viável de se obter antes do advento da Internet atinge a proporções gigantescas. Hoje, a maioria das pessoas, mesmo aquelas que vivem em países com infra-estrutura limitada, pode, sem maiores dificuldades, e a um custo relativamente baixo, ter acesso a informações de qualquer gênero, localizadas nos lugares mais distantes do planeta. Tal fato, antes da Internet seria praticamente impensável. Contudo, o que faz com que esse simples ato de se acessar à rede mundial de computadores seja algo revolucionário é que, atualmente, pode-se produzir, controlar e disseminar informações em âmbito mundial. É nesse contexto que o presente trabalho pretende se inserir, como uma contribuição à reformulação e modernização do ensino na Faculdade de Engenharia da UERJ, FEN/UERJ, com base no desenvolvimento e implantação de livros eletrônicos utilizando-se a Internet. Esses livros têm como objetivo principal à criação de um ambiente de estudo gráfico-interativo, que seja estimulante e voltado para a Internet. Deste modo, sem sombra de dúvida, pode-se tornar o ensino de engenharia mais dinâmico, além de viabilizar o aprendizado à distância.*

***Palavras-chave:** Ensino de engenharia, Modernização do ensino, Livros eletrônicos, Ensino à distância, Software gráfico-interativo.*



1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os seres humanos estão vivenciando uma das maiores revoluções do conhecimento, no que diz respeito ao fenômeno sócio-cibernético, associado a uma democratização mundial da informação, conhecido, genericamente, como “Internet”. Inserido neste contexto, o corpo docente da Faculdade de Engenharia da UERJ, FEN/UERJ, tem observado uma demanda crescente, por parte dos alunos de graduação em engenharia, no que tange a necessidade de adaptação do sistema de ensino a essa nova realidade.

O processo de aprendizado sempre esteve interligado às tecnologias disponíveis. Nos dias de hoje, a Internet é, sem sombra de dúvida, a tecnologia mais eficiente no que diz respeito à disseminação de informações. Tal ferramenta se apresenta de grande utilidade para dar respaldo ao ensino de engenharia no sentido de formar engenheiros mais maduros, diferenciados e criativos. Evidentemente, a internet não deve, sob hipótese alguma substituir a sala de aula. Todavia, pode ir a lugares aonde a sala de aula não chega.

No ensino de engenharia “on-line” o aluno de graduação assume um papel de investigador, pesquisando e debatendo temas que o interessem especificamente, e pode perfeitamente realizar suas atividades em qualquer lugar, a qualquer hora e em seu próprio ritmo. No que tange ao Professor, este passa a ser um orientador/moderador, coordenando o andamento de cada aluno, solucionando problemas didáticos, indicando caminhos a serem percorridos e, principalmente, aprendendo tanto quanto ensina.

Em virtude do sucesso obtido em um projeto de pesquisa anterior, “Projeto MecNet”, SILVA (2000), o presente trabalho foi elaborado de forma a atender uma necessidade crescente de reformulação e modernização do ensino na Faculdade de Engenharia da UERJ, FEN/UERJ, a partir da implementação e ampliação de iniciativas dessa natureza, com referência a outras áreas da engenharia.

O presente trabalho apresenta uma contribuição inicial nessa direção, com base no desenvolvimento de um livro eletrônico gráfico-interativo, denominado comumente de “Projeto VibMec”. O “Projeto VibMec”, tem como objetivos básicos a integração do ensino e da pesquisa com base no emprego dos recursos da Internet e a criação de um ambiente de estudo estimulante que possa dinamizar o ensino, elevando os níveis de conhecimento dos alunos de graduação da FEN/UERJ. Um outro ponto importante diz respeito à possibilidade de viabilização do ensino à distância.

Neste livro eletrônico, o aluno de graduação em engenharia, comumente designado neste trabalho por aluno/usuário, tem acesso direto a aspectos teóricos do assunto em estudo, como também a alguns problemas propostos que podem ser alterados pelo mesmo, objetivando contribuir de forma positiva para o entendimento dos conceitos teóricos envolvidos. Assim sendo, esses livros eletrônicos funcionarão como “laboratórios” para os alunos/usuários, pois estes poderão, diante de um microcomputador, simular e modelar problemas de engenharia com maior rapidez, compreensão e clareza dos conceitos envolvidos.

Desta forma, tem-se um livro eletrônico disponível na rede mundial de computadores que permite ao aluno/usuário a visualização e compreensão da resolução de uma grande gama de problemas de engenharia. Assim sendo, pode-se desenvolver a criatividade, a velocidade de raciocínio e elevar os níveis de conhecimento relacionados com assuntos de interesse de disciplinas da graduação em engenharia.



Inicialmente, esse trabalho se configura como uma primeira versão do software desenvolvido, associado a um livro eletrônico que é baseado em conceitos teóricos e problemas referentes às disciplinas de Dinâmica Estrutural e Vibrações Mecânicas. As disciplinas em questão estão inseridas no contexto global dos cursos de graduação em engenharia civil e mecânica da FEN/UERJ.

2. PROJETO VIBMEC

O “Projeto VibMec” pretende facilitar ao máximo o acesso à informação. A portabilidade do sistema foi garantida, de modo a que alunos/usuários que utilizem quaisquer sistemas operacionais possam ter acesso às informações contidas no software desenvolvido. Para tanto, basta apenas que o computador do usuário, evidentemente, esteja conectado à Internet e possua um navegador gráfico (Versões 4.0 ou superiores).

O livro eletrônico apresenta diversas seções associadas à sua utilização. Ao longo do programa, o aluno/usuário tem acesso, de acordo com a sua necessidade específica, a aspectos teóricos relacionados com o assunto em estudo, no caso em questão: dinâmica das estruturas e/ou vibrações mecânicas, CLOUGH (1993), CRAIG JR. (1981), ROEHL (1981) e THOMSOM (1978). Na seqüência, exercícios interativos propostos são apresentados, bem como sua respectiva solução.

O aluno/usuário pode, ainda, modificar todos os dados fornecidos pelo programa de forma a gerar a solução de um novo problema. O livro fornece, também, resumos relacionados a cada tópico estudado. Finalmente, uma última seção do projeto, está associada a uma área reservada para “downloads”, onde o aluno/usuário pode ter acesso direto à sua própria versão do programa, de forma a utilizar o livro eletrônico sem a necessidade de estar conectado à Internet. Nesta seção o internauta pode, ainda, copiar aplicativos necessários para a melhor visualização do livro.

O desenvolvimento do presente livro eletrônico se encontra respaldado por inúmeras ferramentas computacionais bastante utilizadas, atualmente, no que tange a tecnologia de construção de “home-pages” dinâmicas, BELL (2000), CLARK (1999), RAMALHO (1998), MONCUR (1999) e SIEGEL (1998).

Para o desenvolvimento da seção de problemas propostos são utilizadas técnicas de programação em DHTML (Dynamics HyperText Markup Language ou Linguagem de Marcação de Hipertexto Dinâmica), BELL (2000). Essas técnicas de programação englobam o conjunto de linguagens formado pelo HTML (HyperText Markup Language ou Linguagem de Marcação de Hipertexto) e o JavaScript, uma poderosa ferramenta de programação para a Internet, a qual respeita todas as questões necessárias acerca da portabilidade, RAMALHO (1998), MONCUR (1999) e SIEGEL (1998).

Na seqüência do trabalho, o “Projeto VibMec” é descrito de forma mais específica, com a base nas janelas do programa. Inicialmente, ao acessar o livro eletrônico, o aluno/usuário visualiza uma tela de apresentação do programa, mostrada na Figura 1. Após a tela inicial, o aluno/usuário tem acesso à primeira seção do livro eletrônico, a qual fornece uma visão dos tópicos gerais do mesmo, como mostra a Figura 2. O usuário possui, agora, a possibilidade de escolher qual assunto irá estudar, de acordo com a sua necessidade particular. Em seguida, a Figura 3 apresenta uma seção do “Projeto VibMec”, referente ao sumário.



A partir da escolha feita pelo aluno/usuário, com base em qualquer dos tópicos, Figura 3, este passa a ter acesso a uma nova janela, a qual contém as informações sobre o assunto escolhido. A Figura 4 apresenta, como exemplo, uma dessas páginas.



Figura 1. Tela inicial do “Projeto VibMec”.

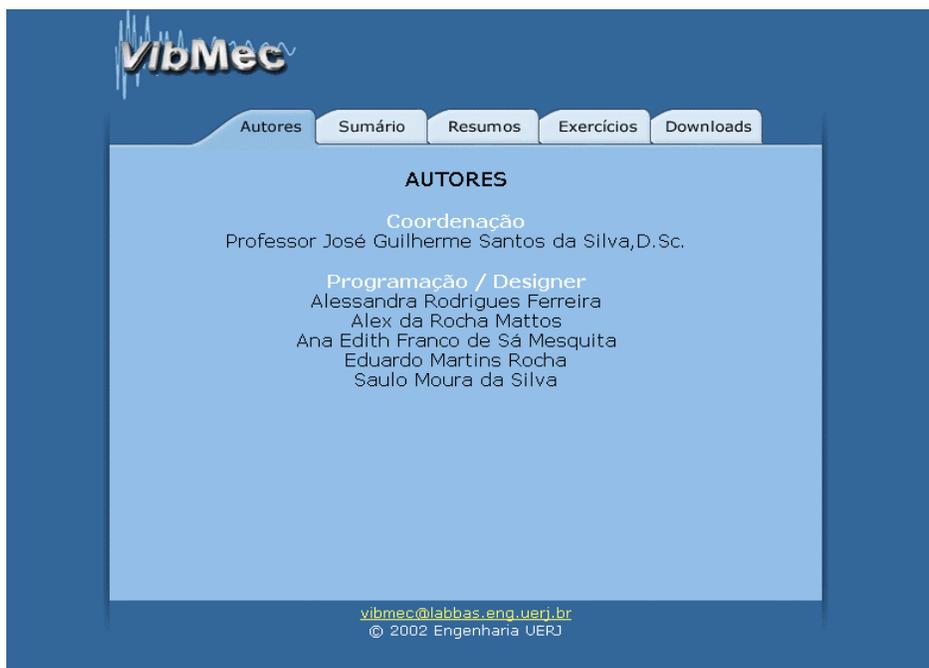


Figura 2 - Tópicos gerais do livro eletrônico.



Figura 3 - Sumário do “Projeto VibMec” contendo vários assuntos que podem ser acessados.



Figura 4 - Exemplo de uma página do livro eletrônico que fornece conceitos teóricos.



Na seqüência do trabalho, é apresentada uma seção do livro eletrônico, “Projeto VibMec”, relacionada com a elaboração de exercícios propostos. Nesta seção, o aluno/usuário tem acesso a problemas de aplicação, previamente resolvidos, referentes ao assunto em estudo, no caso correspondente à dinâmica das estruturas e/ou vibrações mecânicas, CLOUGH (1993), CRAIG JR. (1981), ROEHL (1981) e THOMSOM (1978).

A concepção desses exemplos é amplamente interativa, de tal forma que o aluno/usuário possa perfeitamente proceder a uma mudança dos valores numéricos iniciais, fornecidos pelo programa, gerando, assim, um novo exemplo.

A resolução deste novo modelo é totalmente respaldada pelo livro eletrônico, o qual se encarrega de fornecer a solução do problema proposto formulado pelo aluno/usuário, de acordo com a sua necessidade.

A partir disso, o livro eletrônico funcionará como um “laboratório” para o usuário, pois esse poderá, diante do microcomputador, simular e modelar os problemas de engenharia com maior rapidez, compreensão e clareza dos conceitos teóricos envolvidos.

Assim sendo, espera-se desenvolver a criatividade, a velocidade de raciocínio e elevar os níveis de conhecimento dos alunos, referentes a assuntos correntes nas disciplinas da graduação da Faculdade de Engenharia da UERJ, FEN/UERJ, no caso em questão, associados à dinâmica das estruturas e vibrações mecânicas.

A Figura 5 apresenta, agora, um exemplo numérico, bastante didático, gerado pelo livro eletrônico. O exemplo em questão se refere à obtenção da freqüência natural de vibração de um sistema mecânico que possui um grau de liberdade, comumente designado por S1GL. O modelo é composto por uma massa, m , a qual se encontra suspensa no meio do vão de uma viga bi-apoiada. Três molas, com constante de rigidez, k_1 , k_2 e k_3 , são responsáveis pelo acoplamento do sistema em estudo, como é ilustrado na Figura 5.

Como mencionado anteriormente, ao final de cada problema proposto pelo “Projeto VibMec”, o qual já se encontra previamente resolvido, o aluno/usuário tem a opção de alterar (ou não), os valores numéricos fornecidos pelo modelo original. Caso o aluno/usuário proceda à opção por alterar esses valores, o mesmo tem acesso a uma nova janela com os campos todos em branco para serem preenchidos, como é mostrado na Figura 6.

Considerando-se a presente situação na qual os valores numéricos, fornecidos inicialmente pelo livro eletrônico, foram alterados pelo aluno/usuário, deve-se observar que após a modificação destes valores o usuário simplesmente deve acessar a opção “OK”, como apresentado na Figura 6. Deste modo, o aluno de graduação retorna à janela anterior, onde será apresentada, na íntegra, a solução do problema, de acordo com as novas informações fornecidas pelo mesmo. Evidentemente, a nova solução é totalmente fornecida pelo “Projeto VibMec”.

O livro eletrônico apresenta, ainda, uma opção na qual o usuário pode consultar, de acordo com a sua necessidade específica, um breve resumo referente a qualquer assunto associado aos conceitos teóricos em estudo.

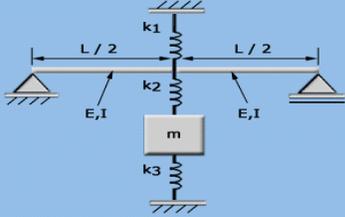
Finalmente, o “Projeto VibMec” prevê, também, uma seção referente a uma área reservada para “downloads”, onde o aluno/usuário pode ter acesso direto a sua própria versão do programa, de forma a utilizar o livro eletrônico sem a necessidade de estar obrigatoriamente conectado a Internet.



Autores
Sumário
Resumos
Exercícios
Downloads

CAPÍTULO 2
SISTEMAS COM UM GRAU DE LIBERDADE (S1GL)

Uma massa **m** se encontra suspensa no meio do vão de uma viga bi-apoiada, como mostrado na figura abaixo. Pedese determinar a frequência natural da massa **m** de acordo com a configuração dada.



Dados:

$m = 200\text{kg}$	Massa m
$L = 3\text{m}$	Comprimento da viga
$E = 210 \times 10^9 \text{ N/m}^2$	Módulo de elasticidade do material (aço)
$I = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^4$	Momento de inércia da seção transversal da viga
$k_1 = 2 \times 10^5 \text{ N/m}$	Rigidez da mola superior
$k_2 = 3 \times 10^5 \text{ N/m}$	Rigidez da mola que conecta a viga e a massa m
$k_3 = 1,5 \times 10^5 \text{ N/m}$	Rigidez da mola entre a massa m e o apoio inferior

Solução:

A rigidez equivalente da viga bi-apoiada é dada por:

$$k_v = \frac{48 \times E \times I}{L^3} \quad k_v = 3,733 \times 10^5 \text{ N/m} \quad \text{Rigidez equivalente da viga}$$

A viga age em paralelo com a mola superior, a qual se encontra fixa no meio do vão. A rigidez equivalente entre a viga e a mola superior é obtida como sendo:

$$k_{eq1} = k_1 + k_v \quad k_{eq1} = 5,733 \times 10^5 \text{ N/m} \quad \text{Rigidez equivalente da viga e mola superior}$$

A combinação paralela anterior age em série com referência a mola que conecta a viga e a massa **m**. A rigidez equivalente da combinação é:

$$k_{eq2} = \frac{1}{\frac{1}{k_{eq1}} + \frac{1}{k_2}} \quad k_{eq2} = 1,969 \times 10^5 \text{ N/m} \quad \text{Rigidez equivalente da viga e molas superior e inferior conectadas à viga}$$

Esta última combinação age em paralelo com a mola que conecta a massa **m** e o apoio inferior. A rigidez equivalente do sistema é obtida sendo:

$$k_{eq} = k_{eq2} + k_3 \quad k_{eq} = 3,469 \times 10^5 \text{ N/m} \quad \text{Rigidez equivalente do sistema em rad/s}$$

O sistema está associado a um sistema com um grau de liberdade (S1GL). A inércia da viga é desprezada, no presente problema. Deste modo, a frequência natural do sistema é dada por:

$$\omega_{01} = \sqrt{\frac{k_{eq}}{m}} \quad \omega_{01} = 41,65 \text{ rad/s} \quad \text{Frequência natural do sistema em rad /s}$$

$$f_{01} = \frac{\omega_{01}}{2\pi} \quad f_{01} = 6,63 \text{ Hz} \quad \text{Frequência em Hz}$$

Alterar valores
Exercício Original



vibmec@labbas.eng.uerj.br
 © 2002 Engenharia UERJ

Figura 5 - Exemplo numérico gerado pelo livro eletrônico, associado a um sistema mecânico com um grau de liberdade (S1GL).

VibMec

Autores Sumário Resumos Exercícios Downloads

CAPÍTULO 2
SISTEMAS COM UM GRAU DE LIBERDADE (S1GL)

Uma massa **m** se encontra suspensa no meio do vão de uma viga bi-apoiada, como mostrado na figura abaixo. Pede-se determinar a frequência natural da massa **m** de acordo com a configuração dada.

Dados:

m = Kg Massa **m**

L = m Comprimento da viga

E = N/m² Módulo de elasticidade do material (aço)

I = m⁴ Momento de inércia da seção transversal da viga

k₁ = N/m Rigidez da mola superior

k₂ = N/m Rigidez da mola que conecta a viga e a massa **m**

k₃ = N/m Rigidez da mola entre a massa **m** e o apoio inferior

OK Alterar valores Exercício Original

vibmec@labbas.eng.uerj.br
© 2002 Engenharia UERJ

Figura 6 - Janela do “Projeto VibMec” contendo uma opção para alteração dos valores numéricos do problema proposto (S1GL: sistema com um grau de liberdade).



3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho de pesquisa é apresentada uma iniciativa de desenvolvimento e utilização de um livro eletrônico com base em conceitos de “home-page”, designado comumente de “Projeto VibMec”. Pretende-se a partir deste desenvolvimento, contribuir para a reformulação e modernização do ensino das disciplinas que compõe o currículo regular dos cursos de graduação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, FEN/UERJ.

O desenvolvimento desta linha de pesquisa está inserido diretamente no contexto do ensino de engenharia e, no presente trabalho, se encontra respaldado pelo desenvolvimento do “Projeto VibMec”. O livro eletrônico em questão possui uma concepção inteiramente baseada em um ambiente de estudo gráfico, interativo, dinâmico e estimulante. O emprego do referido livro, vem demonstrando, claramente, que os alunos/usuários do programa, se sentem mais motivados para estudar e discutir conceitos referentes às disciplinas do curso de graduação em engenharia, no caso em questão, referentes às disciplinas de Dinâmica Estrutural e Vibrações Mecânicas.

Como conseqüência desse tipo de desenvolvimento, o aprendizado se torna cada vez mais dinâmico o que, sem sombra de dúvida, permite que os alunos de graduação obtenham um aproveitamento mais eficiente, em termos quantitativos e qualitativos, através de um melhor entendimento e visualização dos fenômenos físicos envolvidos em diversos tipos de problemas.

Um outro aspecto que deve ser ressaltado diz respeito à flexibilização dos horários de estudo dos alunos de graduação visto que, com base na democratização da Internet, os alunos/usuários podem acessar o software desenvolvido, livro eletrônico VibMec, de acordo com a sua disponibilidade de tempo, ainda que não estejam na Universidade.

Em virtude do sucesso obtido em um trabalho anterior, “Projeto MecNet”, SILVA (2000), o presente estudo foi elaborado, também, para possibilitar um atendimento a necessidade crescente de reformulação e modernização do ensino na Faculdade de Engenharia da UERJ, FEN/UERJ, a partir da implementação e ampliação de iniciativas dessa natureza, com referência a outras áreas da engenharia.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho de pesquisa agradecem a Direção da Faculdade de Engenharia, FEN/UERJ, e ao Laboratório de Computação do Ciclo Básico, LabBas/FEN/UERJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELL, I. **Web Design, HTML & DHTML**. 2000.

CLARK, T.M. **Filtros para Photoshop 5. Efeitos Especiais e Design**. 1999.

CLOUGH, R.W.; PENZIEN, J.; **Dynamics of Structures**, McGraw-Hill, 1993.

CRAIG JR., R.R., **Structural Dynamics**, John Wiley & Sons, 1981.

MONCUR, M. **Aprenda em 24 horas - Javascript 1.3**. 1999.



RAMALHO, J.A.A. **HTML, A Referência Completa**. 1998.

ROEHL, J.L.P. **Dinâmica Estrutural. Análise no Domínio do Tempo**, Volume I, Departamento de Engenharia Civil, DEC/CIV/PUC-Rio, 1981.

SIEGEL, D. **Criando Sites Arrasadores na Web. Arte da 3ª Geração em Design de Sites**. 1998.

SILVA, J.G.S. da; ALMEIDA, N.N. de ; CARVALHO, R.L.C. de; SANTIAGO, R.A., **Desenvolvimento de Apostilas Eletrônicas com base no Conceito de Home-page**. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, COBENGE 2000, Ouro Preto, Anais publicados em CD-ROM, 2000.

THOMSON, T.W., **Teoria da Vibração com Aplicações**, Editora Interciência, 1978.