



## UMA PROPOSTA PARA UM CURSO DE TRANSMISSÃO DE CALOR VIA INTERNET

Washington Braga  
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Rua Marquês de São Vicente, 225  
Rio de Janeiro, 22453-900, Brasil

**Resumo.** *Este trabalho descreve o ambiente desenvolvido para o curso de Transmissão de Calor, via serviço WEB da Internet, ministrado no Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio. O curso, apesar de explorar os serviços da Internet de interatividade, não foi montado para substituir a presença do instrutor por um conjunto, ainda que agradável, de telas e programas de computador. Ao contrário, a estrutura desenvolvida pressupõe a responsabilidade do instrutor para motivar seus alunos através da sua experiência e criatividade. O computador e a Internet são entendidos como ferramentas de suporte ao processo de aprendizado, sendo absolutamente inúteis sem a colaboração das partes envolvidas: alunos, professores e administração acadêmica. O material desenvolvido é apresentado como uma proposta de um módulo para o ensino virtual de engenharia e pretende motivar outros professores no sentido de elaborarem outros materiais para a formação de uma biblioteca pública de materiais didáticos de engenharia mecânica, acessáveis via Internet.*

**Palavras chave:** *Ensino de Engenharia, Internet e Educação, Material Didático.*

### 1. INTRODUÇÃO

Em outro trabalho submetido a este COBEM, o presente autor (1999.1) apresentou argumentos para a elaboração de textos e materiais didáticos para uso via Internet em salas de aula ou em ensino à distância. Baseando-se na experiência de dois anos com o desenvolvimento e uso deste tipo de recurso, onde a interatividade é parte relevante, em um curso de graduação em Transmissão de Calor, diversas recomendações e sugestões gerais foram fornecidas. O objetivo primeiro deste desenvolvimento foi motivar o aprendizado do aluno e não o uso de computadores ou a própria Internet. No presente trabalho, estas sugestões são exemplificadas de forma a permitir um melhor entendimento do que foi desenvolvido, visando, antes de tudo, disseminar a cultura da Internet como ferramenta relevante para a melhora na qualidade do ensino de engenharia e incentivar outros professores de Engenharia Mecânica a desenvolverem materiais análogos. Desta forma, as telas que se

seguem devem ser observadas como sugestões ou recomendações sobre algumas das possibilidades, nunca como indicativas da única solução possível.

O ensino mediado pelo computador envolve pelo menos três áreas do conhecimento: educação, processamento da informação e a área específica de conhecimento (no caso, Transmissão de Calor). O trabalho reportado aqui envolve as duas primeiras áreas e tem como premissa básica a relevância do trabalho do professor e não do meio de distribuição do material a ser ensinado.

Todo o material já produzido foi desenvolvido a partir da experiência didática do presente autor. Sua produção foi orientada a partir da observação das dúvidas e dos principais pontos de compreensão do material didático pelos alunos. Uma vez que uma dificuldade tenha sido observada, procurou-se identificar a melhor maneira (ou a melhor ferramenta) para se discutir o tópico. Desta forma, entende-se que o exposto reflete as necessidades de um tipo de aluno.

## **2. ESCOPO DO MATERIAL DESENVOLVIDO**

Há essencialmente duas propostas para se desenvolver material acadêmico para uso via Internet. A primeira é a oferta de cursos à distância, onde se deseja atingir um maior número de alunos que irão acessar o material em tempos e lugares diferentes. Embora ainda existam outras opções, o potencial da Internet e seus já inúmeros recursos têm sinalizado que o chamado ensino virtual irá se utilizar cada vez mais desta estrutura de comunicações, em grande parte já existente e em sistemático crescimento. No presente contexto, virtual não se opõe ao real e sim ao atual, utilizando o argumento de Lévy (1996).

Uma proposta alternativa, mais ligada ao presente trabalho, associa o uso dos recursos da Internet com a melhora da qualidade do ensino presencial hoje oferecido a nossos alunos. Observando que pessoas diferentes aprendem de forma diferente, a multiplicidade de opções da Rede permite a construção dinâmica de vários cenários de aprendizado, de forma a atender a diferentes necessidades. O resultado é a oferta de vários mecanismos de interação entre os alunos e o instrutor, via material didático, visando, antes de tudo, o adequado aprendizado e discussão das questões envolvidas, sempre comandado pelas características de cada aluno individualmente.

Este trabalho é dirigido àqueles que se preocupam com a oferta destas novas opções e reflete o esforço de desenvolvimento de material acadêmico para um curso de graduação de Transmissão de Calor, que já é oferecido, ainda que em versões mais simples, há mais de dois anos no Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio (Braga, 1999.2).

## **3. TELA DE APRESENTAÇÃO**

O projeto gráfico das páginas web pode sempre ser modificado de forma a atender as necessidades e preferências estéticas ou similares. Portanto, pouca ênfase vai ser dada aqui a este aspecto, embora importante no ponto de vista de “marketing” do material desenvolvido, ainda que a experiência indique que a apresentação do material é importante para uma grande parte da audiência pretendida.

A partir dos comentários dos alunos, observou-se, por exemplo, a conveniência, sob o ponto de vista dos alunos, de se ter uma lista de todo o material acadêmico (ou seja, uma ementa detalhada com os links para todos os tópicos) existente. Esta lista é na realidade, um índice remissivo com a vantagem inequívoca dos textos ligados via hiperlinks.

No curso de Transmissão de Calor do Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio (Braga, 1999.2), a tela de apresentação do material exposto (vide Figura 1) contém ainda dois tipos de referências: um diretamente associado ao conteúdo didático do curso e outro

contendo novos desenvolvimentos, deduções alternativas e outros materiais supostos interessantes aos alunos. Ainda que os alunos não sejam obrigados a acessar estes materiais adicionais, pois não são exigidos como matéria curricular, é interessante perceber que sua oferta atrai diversos alunos, provavelmente aqueles interessados numa carreira acadêmica de ensino e pesquisa.

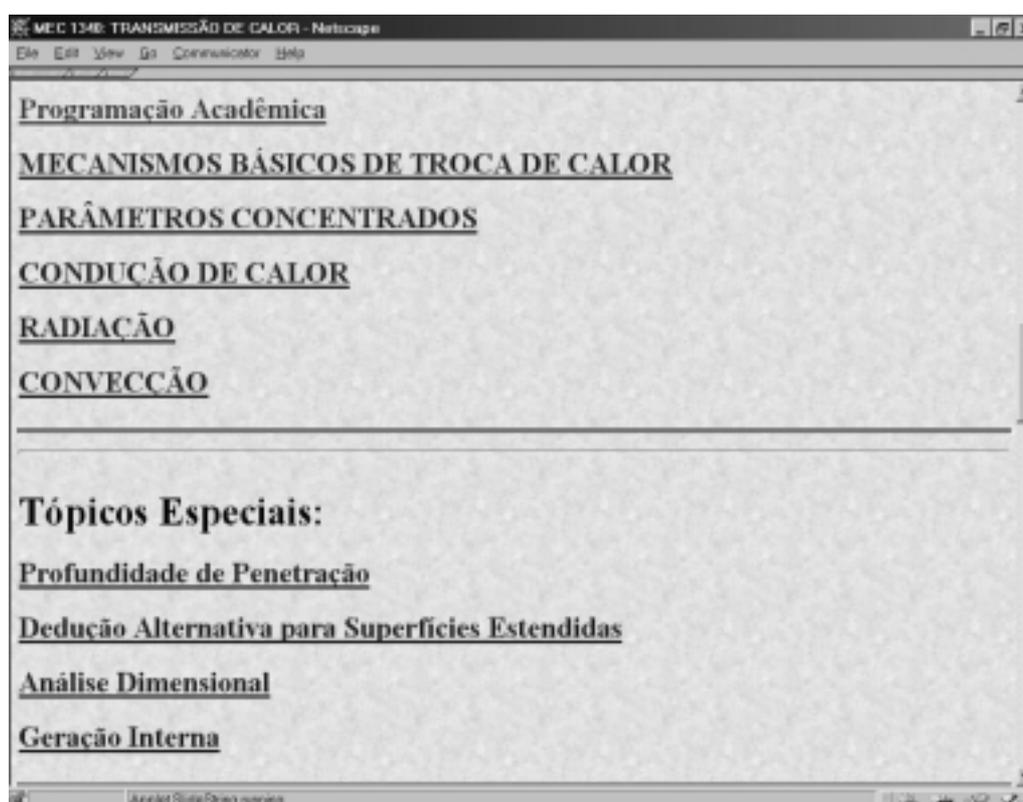


Figura 1. Tela de Apresentação contendo os tópicos do Curso em questão.

#### 4. APRESENTAÇÃO DO MATERIAL

O acesso ao material didático é feito a partir de uma chamada para as aulas da semana, como mostra a Figura 2 ( disponível no endereço URL <http://venus.rdc.puc-rio.br/wbraga/tc.htm> ). Uma vez que uma determinada aula seja selecionada, clicando-se no botão correspondente uma janela menor aparece, com as ferramentas didáticas disponíveis para a aula selecionada. Normalmente, as opções existentes são: texto para leitura (formato htm ou html), texto para impressão (formato Adobe pdf – portable document format – entendido como o mais eficiente, pela sua generalidade), exercícios de preparação para a aula (que deverão ser feitos antes da aula referenciada), exercícios resolvidos, programas aplicativos (executáveis via Internet ou não), materiais de revisão (em slides), perguntas de avaliação, etc. Desta forma, o aluno tem diversas opções que irão orientá-lo quer no estudo prévio quer no estudo posterior à aula e poderá acessá-las sempre e quando entender. Conforme discutido adiante, a comunicação entre professor e alunos é feita preferencialmente através de uma lista de discussão.

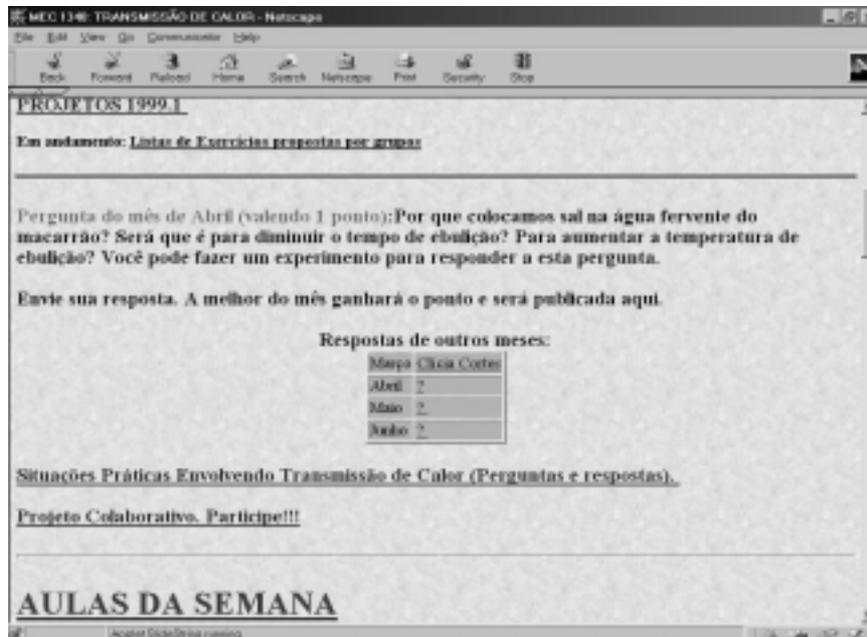


Figura. 2: Tela de Apresentação



Figura 3: Tela contendo as diversas opções para a Aula #13 (exemplo)

Se o item “Texto para Leitura” for selecionado, uma janela adicional aparece se abre com todo o texto, escrito em formato web (htm) sobre o assunto “Superfícies Estendidas”,

como, por exemplo, mostra a Figura 4. O aluno poderá correr o cursor sobre a tela, estudando, revendo materiais e eventualmente acessando algumas telas de ajuda, com explicações breves sobre determinadas questões (normalmente selecionadas entre aquelas feitas por alunos de outros cursos anteriores ou outras julgadas relevantes).

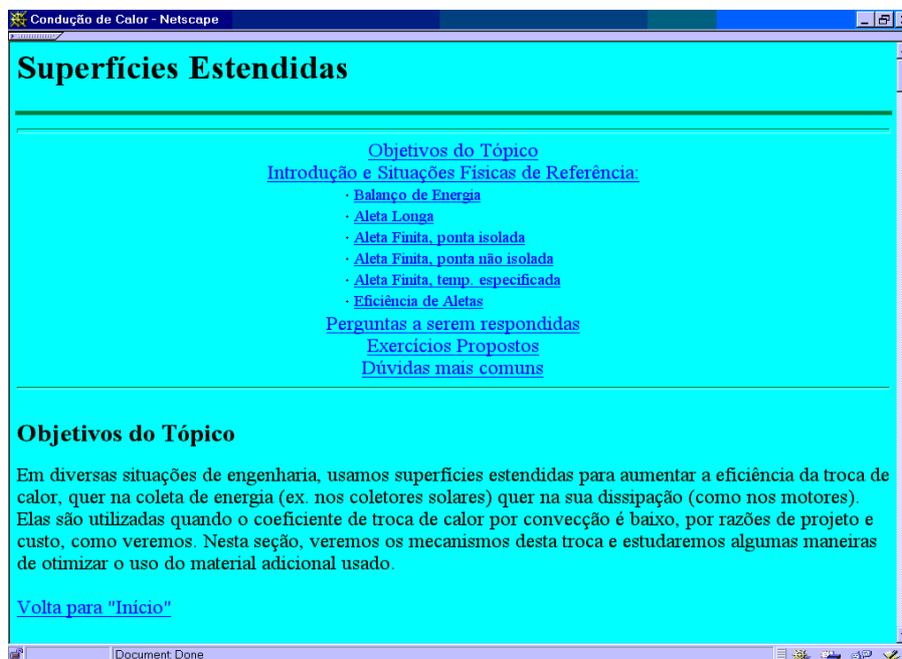


Figura 4. Tela apresentando material didático sobre o assunto “Aletas”.

## 5. PROJETOS

Projetos têm sido utilizados há muito nas instituições de ensino para a melhora do aprendizado da teoria e métodos discutidos nos cursos (e.g. Kihlberg, 1998). Entretanto, observando que um dos aspectos mais importantes do trabalho corporativo hoje em dia é a participação de diversos profissionais, somando suas competências, para o sucesso de um determinado projeto, sua prática passou a ser uma exigência formal. As exigências profissionais têm sido tais que passou a ser responsabilidade das instituições de ensino o treinamento dos alunos nos aspectos colaborativos das profissões, especialmente as técnicas. Utilizando as características da Internet, promover ou incentivar estes aspectos é relativamente fácil, estejam ou não os alunos na mesma sala de aula.

No curso sendo apresentado neste trabalho, dois níveis de colaboração são propostos. O primeiro, de carácter obrigatório, consiste na apresentação de relatórios de pequenos grupos (3 alunos, no máximo) sobre equipamentos (exemplos: condensadores, aquecedores a gás ou solar), situações envolvendo troca térmica (exemplos: projeto de extintores de incêndio, fontes térmicas submarinas, etc) ou similares e o segundo, aberto a discussão durante o período letivo a todos os alunos, consiste na tentativa de solução colaborativa de problemas mais complexos de Transmissão de Calor (por exemplo: tempo necessário para a evaporação de 250 ml de água derramada sobre a mesa) mas que necessitem um pouco mais que o conhecimento das leis básicas, caracterizando-se por algum tipo de desafio (veja alguns dos projetos anteriores em <http://venus.rdc.puc-rio.br/wbraga/transcal/curso.htm> - projetos).

Embora não se classifique exatamente como um projeto, mensalmente uma questão envolvendo Transmissão de Calor e a Sociedade é colocada, procurando chamar a atenção dos

alunos que a formação técnica mais especializada não os deve impedir de procurar sempre respostas aos problemas térmicos do chamado dia-a-dia. Respostas às questões antigas estão ainda disponíveis (<http://venus.rdc.puc-rio.br/wbraga/transcal/situ.htm>).

## **6. EXERCÍCIOS DE PREPARAÇÃO**

Provavelmente, uma das maiores dificuldades ao aprendizado contínuo do alunado é o hábito adquirido durante os estágios iniciais da educação, infelizmente nunca mais substituído, de só se estudar nas vésperas das provas. Embora haja inúmeros argumentos justificando tal fato, a consequência disto é uma séria perda de continuidade nas aulas. Se isto é ruim num curso tradicional, para um curso à distância ou que utilize recursos semelhantes, isto pode ser muito complicado. Uma solução empregada com sucesso no Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio é o uso de exercícios de preparação que fazem com que os alunos leiam o material didático da próxima aula. Naturalmente, a motivação são os pontos adicionais dados àqueles que fizerem todos os exercícios do mês. Com isto, o nível de participação dos alunos em sala de aula cresceu significativamente. Exemplos de exercícios deste nível estão disponíveis em <http://venus.rdc.puc-rio.br/wbraga/transcal/prepar1.htm>.

## **7. AUTO AVALIAÇÃO**

Com muita frequência, os alunos necessitam praticar a solução de exercícios, para a fixação da matéria. Entretanto, se feito sem orientação, os resultados podem não ser dos melhores. Uma solução testada com sucesso consiste na preparação de testes de correção automática, como mostrado na Figura 5 adiante e no estudo dirigido. Deve ser notado, entretanto, que tanto as questões quanto as respostas são formuladas a partir de dúvidas de alunos, identificadas nos diversos testes e provas já catalogados. Se esta preocupação não existir, testes de auto avaliação passam a ser apenas exercícios dirigidos e se bem preparados, os resultados podem ser muito interessantes.

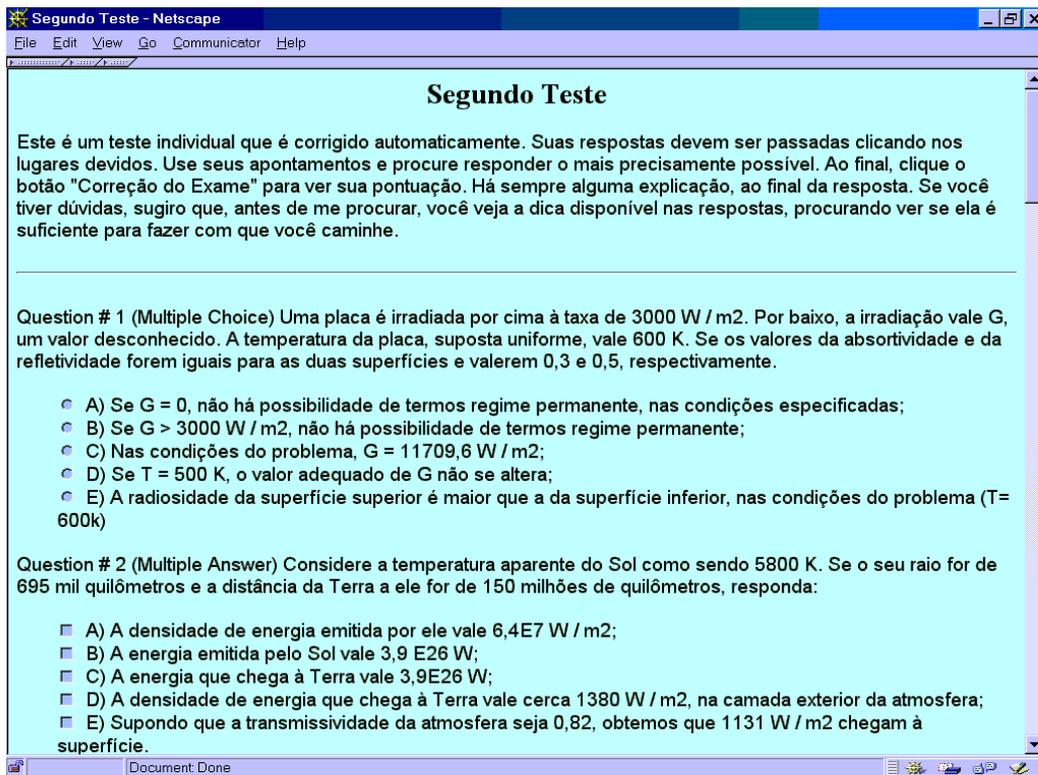


Figura 5: Teste de Correção Automática

Uma outra opção utilizada consistiu na elaboração de uma lista de perguntas, como a que é mostrada na Figura 6, contemplando os assuntos.

Auto - Avaliação dos Mecanismos Básicos de Troca de Calor - Netscape

## Mecanismos Básicos: questionário de auto-avaliação

Este módulo apresenta uma série de questões que devem ser respondidas adequadamente para que você possa se considerar preparado para o conteúdo. Siga a ordem proposta tomando cuidado de só passar para a pergunta seguinte após ter sido capaz de responder adequadamente a anterior. Lembre-se: qualquer dúvida deve ser enviada à [lista puc-transcal](#), para que outros alunos possam respondê-la.

---

<ul style="list-style-type: none"> <li>Se a taxa de troca de calor [W] for conhecida, como se pode determinar o calor trocado entre dois instantes, <math>t_1</math> e <math>t_2</math>?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Explique a razão do sinal negativo da Lei de Fourier.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mostre a diferença entre <math>dT/dx</math> positivo e <math>dT/dx</math> negativo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usar isolante garante que o calor trocado seja nulo?</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Para aumentar a taxa de troca de calor, é recomendável:           <ul style="list-style-type: none"> <li>aumentar <math>k</math>, aumentar <math>\Delta T</math>, aumentar <math>L</math>?</li> <li>diminuir <math>L</math>, aumentar <math>A</math>, diminuir <math>k</math>?</li> <li>aumentar <math>\Delta T</math>, diminuir <math>L</math>, aumentar <math>k</math>?</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para aumentar a dissipação de energia de uma parede de aço inoxidável de espessura <math>L</math> e <math>\Delta T = 30\text{ C}</math> é mais recomendável:           <ul style="list-style-type: none"> <li>usar parede de aço carbono e <math>L/2</math>?</li> <li>diminuir a espessura para <math>L/2</math> e usar <math>\Delta T = 50\text{ C}</math>?</li> <li>aumentar <math>\Delta T</math> para <math>50\text{ C}</math>, diminuir espessura para <math>L/2</math> e usar parede de alumínio?</li> <li>usar parede de cobre e espessura = <math>5L</math>?</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Supondo que haja troca de calor, qual é o valor do gradiente de temperatura para um material de condutividade térmica infinita (se tal existisse)?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se a temperatura da face esquerda de uma parede de platina, de 5 cm de espessura, for <math>80\text{C}</math>, qual será a temperatura da outra face?</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>O que você poderá dizer se a espessura for aumentada para 5 km?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Repita os dois casos anteriores considerando que a parede seja de aço inoxidável.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenhe o perfil de temperaturas, em regime permanente, em dois corpos, um de alumínio e outro de mármore, justapostos e de mesma espessura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A queda de temperaturas num bloco de alumínio é sempre menor que a queda em um bloco de concreto?</li> </ul>

Document: Done

Figura 6. Questionário de Auto-avaliação

## 8. SIMULAÇÃO DE CASOS

Como apoio ao aprendizado dos conceitos básicos, desenvolveu-se diversos aplicativos utilizando-se a linguagem Java de programação. Pela experimentação sistemática, o aluno tem a oportunidade de analisar diversas influências, como a natureza do material envolvido, as dimensões, as condições de contorno, etc. Como exemplo, a Figura 7 mostra a tela de apresentação da simulação da troca de calor entre duas placas de dimensões variadas na presença da resistência térmica de contato. O desenvolvimento de simuladores semelhantes constitui uma das maiores dificuldades pois, pelo comum, os alunos dos cursos de engenharia não aprendem tal linguagem. A solução foi a utilização de alunos do curso de Engenharia de Computação da PUC-Rio que trabalhando sob a supervisão do professor ou de um aluno do curso de Engenharia Mecânica, conseguiram desenvolver o solicitado.

Pelos custos envolvidos e pelos excelentes resultados obtidos, este tipo de recurso poderia ser desenvolvido por diversas instituições, viabilizando a construção de uma biblioteca virtual de simuladores semelhantes.

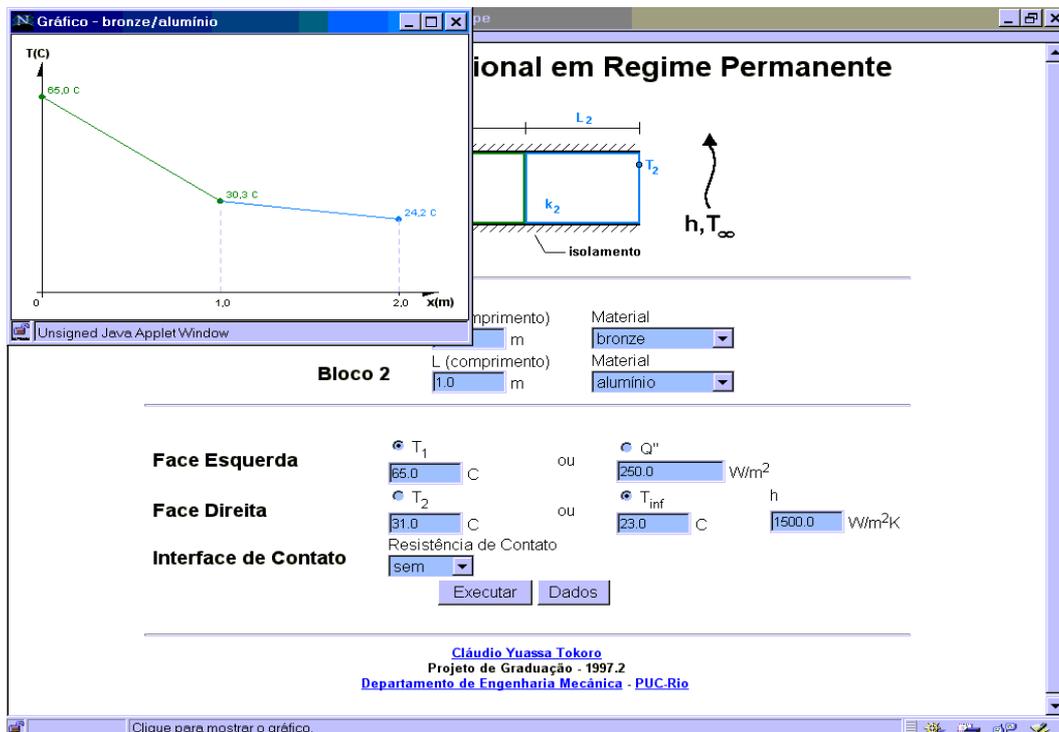


Figura 7: Tela de Apresentação do Simulador Java do Contato Térmico entre dois Corpos

## 9. METODOLOGIA UTILIZADA

Após os diversos cursos ministrados, entende-se hoje que a melhor metodologia para a utilização deste material envolve a projeção do material didático com o auxílio de um data show e a utilização de um quadro branco, para as explicações adicionais. A comunicação, fora da sala de aula, entre alunos e professor foi preferencialmente conduzida através da lista de conferência puc-transcal (para se cadastrar, envie mail para [majordomo@mimas.rdc.puc-rio.br](mailto:majordomo@mimas.rdc.puc-rio.br) com a mensagem subscribe puc-transcal). Este tipo de comunicação (um para todos) foi julgado mais eficiente que o correio eletrônico convencional (um para um). Eventualmente, aulas via IRC foram tentadas sem nenhum benefício adicional. Outros detalhes, como o tipo de serviços da Internet mais adaptáveis ao ensino de engenharia foram discutidos em Braga, 1998 e serão omitidos aqui, pelas limitações costumeiras.

## 10. CONCLUSÕES

O presente trabalho apresenta uma abordagem em uso no curso de graduação de Transmissão de Calor do Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio há dois anos. Utilizando uma série de recursos da Internet, desenvolvidos a partir da percepção das dificuldades dos alunos e não pelas possibilidades técnicas da Rede, o curso está disponível aos interessados, quer para o desenvolvimento de novos temas quer para uso. O autor coloca-se ao dispor, pessoalmente ou através do correio eletrônico (email: [wbraga@mec.puc-rio.br](mailto:wbraga@mec.puc-rio.br)) para discutir estas e outras questões pertinentes ao ensino de engenharia.

## ***Agradecimentos***

O autor agradece o suporte da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, FAPERJ, para o desenvolvimento deste projeto. Da mesma forma, ele deixa registrado seu agradecimento às sugestões oferecidas pelo revisor.

## **REFERÊNCIAS**

- Braga, W., 1998, Design of a Virtual Engineering Course, Anais do 4<sup>th</sup> International Conference on Computer Aided Learning and Instruction in Science and Engineering, CALISCE '98, Chalmers University of Technology, Göteborg, Suécia, páginas 313-318, Junho 15-17.
- Braga, W., 1999, Características do Uso da Internet como suporte a Curso de Engenharia, trabalho a ser apresentado no XV COBEM.
- Braga, W., 1999, MEC 1340: Transmissão de Calor, disponível em CD-rom ou online no endereço URL: <http://venus.rdc.puc-rio.br/wbraga/tc.htm>.
- Lelouche, R., 1998, How Education Can Benefit from Computers: A Critical Survey, Anais do CALISCE '98, páginas 19–32.
- Kihlberg, Arne, 1998, Computer Simulations as an Integral Part of Project Work in Newtonian Mechanics, Anais do CALISCE '98, páginas 100-106.
- Lévy, Pierre, 1996, O que é Virtual, Editora 34, Coleção TRANS.

## **A PROPOSAL FOR A HEAT TRANSFER COURSE USING THE INTERNET**

***Abstract.*** *This paper describes the environment developed for the Heat Transfer Course, using the Internet, offered at the Mechanical Engineering Department of PUC-Rio. Although using intensively Internet's interactivity, the course was not intended to replace the instructor by a series of computer programs or screams. In fact, the structure developed is based on the instructor's responsibility to fully motivate his/her students using hi/her ability, creativity and experience. Computers and Internet are understood as supporting tools to the learning process, being completely useless without the cooperation of all parts involved: instructor, students and academic administration. The material presented here should be understood as a proposal for a virtual engineering education and intends to motivate other faculty to join this educational objective to built an engineering public library, to be accessed through the Internet.*

***Key words.*** *Engineering education, academic material, Internet.*