APRENDENDO FUNDAMENTOS DA RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS AO DESENVOLVER UM PROGRAMA DE COMPUTADOR

Osvaldo Shigueru Nakao
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, Laboratório de Mecânica Computacional, osnakao@usp.br

Fábio Levy Siqueira
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, fabiols@pcs.usp.br

Valdinei Freire da Silva
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, vfsilva@pcs.usp.br

Resumo - **Ao se estar diante de disciplinas como Resistência dos materiais, tanto para os alunos da habilitação de Engenharia de Computação como para os professores de Mecânica das Estruturas, um grande desafio é aumentar a motivação para o estudo dos seus fundamentos.**

Não é suficiente o preconizado pelas Diretrizes curriculares. Dizer que o engenheiro deve ser generalista e ter um formação mínima sólida para que, se necessário, aprender o que for do interesse diante de cada caso, muitas vezes não tem o eco esperado.

Há ainda todo um meio dificultando um maior investimento dos alunos e dos professores no aprendizado e ensino dos fundamentos de Resistência dos Materiais para alunos de Engenharia da Computação.

Se um problema de Engenharia for desenvolver um programa de computador para atender a necessidade de resolver uma treliça, ou seja, determinar os esforços normais nas barras com uma entrada de dados amigável e fácil, será necessário conhecer o que acontece para elaborar o modelo matemático.

Foi elaborado um programa em Java que calcula, a partir de um modelo simplificado e gráfico, o valor das forças externas reativas nos apoios e o valor do esforço solicitante – força normal - em cada barra de uma treliça.

As alternativas de solução foram pesquisadas simultaneamente ao entendimento da Metodologia da Engenharia.

A solução foi obtida após o estabelecimento de alguns requisitos e restrições e também pelo estudo dos conceitos envolvidos.

Disponibilizou-se esse programa ao fazê-lo um Applet, acessível via Internet.

Palavras chave **– Ensino de engenharia, treliça, programa de computador**

I. INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas encontrados por um professor é aumentar a motivação dos alunos em relação às suas aulas. Muitas vezes os alunos não prestam atenção ao conteúdo programático desenvolvido numa aula de uma disciplina porque simplesmente não vêm uma aplicação prática ou acham que aquele assunto não terá uma utilidade imediata em sua vida profissional futura.

Uma solução para esse problema é a de integrar a cada assunto, desde que isto seja possível, algo que sendo do interesse do aluno ele tenha motivação para escutar, opinar, participar e estudar. Desta forma ele poderá aprender também os conteúdos desenvolvidos especificamente em cada disciplina.

Além disso, não se pode esquecer da utilização do computador como ferramenta didática. Com a indústria de informática em constante crescimento, existem disponíveis computadores muito rápidos e dotados de grandes recursos visuais, que se utilizados como ferramenta didática motivam o aluno para a disciplina.

No caso dos alunos de engenharia, aprender a utilizar o computador é indispensável, uma vez que ele é amplamente utilizado na vida real em qualquer área da Engenharia - desde os cálculos até a simulação.

A idéia de incluir um trabalho em grupo na disciplina PEF-002 Resistência dos Materiais foi exatamente com o objetivo de motivar aquele aluno de uma habilitação que não valoriza a Resistência dos Materiais e desenvolver a habilidade do trabalho em equipe conforme preconizado pelas Empresas e pelas Diretrizes Curriculares da Escola Politécnica.

O professor da disciplina, Osvaldo Shigueru Nakao, orientou e seus alunos do curso de Engenharia de Computação em 1999, Fábio Levy Siqueira e Valdinei Freire da Silva desenvolveram o programa de computador descrito numa experiência que merece ser repetida.

Dentre os temas de trabalhos práticos dentro da disciplina oferecidos para a classe, um foi criar um programa que tivesse o objetivo de obter os esforços internos em estruturas planas formadas por barras nas chamadas treliças com dois apoios, um com uma articulação fixo e outro com uma articulação móvel.

Utilizou-se a linguagem C e posteriormente houve uma integração com a linguagem Java. A idéia de usar tais linguagens foi baseada na facilidade de programação, além de se poder fazer um *Applet Java*, algo que permite que o resultado final seja utilizado *on line* via Internet por qualquer usuário.

II. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

O programa tem como objetivo resolver sistemas de equações relativos a treliças, obtendo uma resposta numérica para um carregamento com algumas restrições.

Assim o usuário fixa a posição dos nós e apoios, constrói a treliça através de um método gráfico e obtém o resultado para o sistema em tempo real.

Com esta facilidade da interação e resposta em tempo real, pode-se analisar e tirar conclusões à medida que se introduz ou se retira barras.

Este aspecto traz um aprendizado que somente a experiência na profissão traria.

Os programas didáticos como o Dr. Frame desenvolvido por MILLER e COOPER[1], também têm esta interatividade, mas o fato de os próprios alunos desenvolverem o programa agrega um valor maior do que somente a compreensão dos conceitos de Mecânica das Estruturas.

Figura 1: Tela inicial do programa

II.1 INTERFACE COM O USUÁRIO

Com uma interface gráfica que utiliza botões, o usuário pode fixar as posições dos apoios e nós, além de determinar as ligações das barras e as forças aplicadas a cada nó. Assim sendo, os botões que estão disponíveis nessa versão são:

- *No:* para colocar um nó na posição selecionada
- *Apoio:* para colocar um apoio (móvel ou fixo) na posição selecionada
- *Trelica:* para inserir uma treliça ENTRE dois nós
- *Forca:* para aplicar uma força em um nó ou em um apoio. Para o sinal das forças aplicadas deve ser considerada como positivo: para x, da esquerda para a direita e para y, de cima para baixo
- *Calcula:* para calcular o valor das forças de tração e de compressão na barra

- *Ajuda:* para abrir uma janela com uma simples ajuda de como usar o programa

Caso o sistema seja hipostático ou hiperestático o programa emitirá um aviso, e mesmo assim tentará resolver o sistema. Ele será indeterminado no caso hipostático.

A resposta se dá em outra janela, com os dados das forças das barras das treliças numeradas automaticamente.

O programa emite alguns avisos de advertência caso o usuário tente fazer algumas configurações inválidas, como uma treliça sem estar ligada em um nó, etc.

Para que o usuário possa desenhar a configuração do sistema, o programa utiliza alguns símbolos para denotar desde nós até dois tipos de apoios válidos. Assim sendo temos o seguinte:

- Quadrado preto: quando um nó é criado (automaticamente numerado)
- : articulação fixa (automaticamente numerado)
- : articulação móvel (automaticamente numerado)
- Círculo vermelho: indica o local de aplicação de uma força (em um nó ou apoio), mas não é possível ver seu módulo ou direção
- Linha reta preta: barra ligada a dois nós

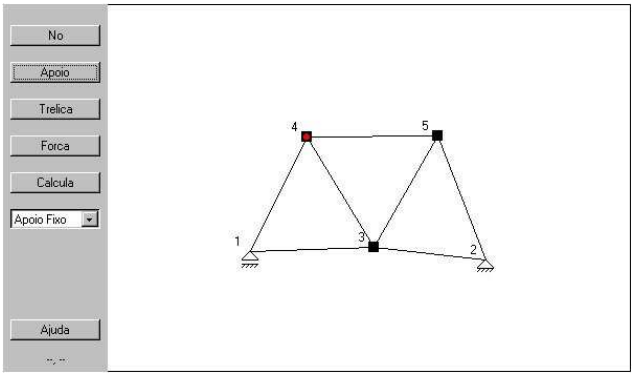

Figura 2: O programa utilizado para determinar as forças axiais

Com esta maneira simples de representar uma treliça, o programa consegue ser bastante rápido graficamente além de ser muito simples de usar, não exigindo nenhuma técnica especial.

II.2 Cálculo do Sistema

Na montagem do sistema de equações, foram considerados os dois métodos de resolução utilizados em aula:

- o processo de Ritter, que consiste em cortar a estrutura em apenas 3 barras, não concorrentes e não paralelas, e calcular as forças para equilibrar os cortes.
- o equilíbrio de nós, que consiste em construir equações de equilíbrio para os nós e apoios contidos no sistema.

No processo de Ritter, embora de maior facilidade para resolução manual, há dificuldades para implementação no computador, pois é difícil determinar onde efetuar os cortes, enquanto que no método de equilíbrio de nós não há escolhas mais subjetivas a serem feitas, uma vez que em um sistema isostático todos os nós devem ser equacionados.

Assim, após esta avaliação, feita pelos autores do programa, para a resolução do sistema foi escolhido o método de equilíbrio de nós. A decisão foi ponderada seguindo os preceitos da escolha de uma solução por uma matriz de decisão, conforme sugerido por WRIGHT [2].

Na implementação da solução foi tomada a decisão de transformar o apoio fixo em duas barras e o apoio móvel em uma barra para generalizar a solução do problema, assim a treliça é constituída de apenas três elementos: barras, nós e forças.

Resolvido o sistema, o programa abre uma janela do browser do usuário mostrando o resultado, usando a numeração automática dos nós.

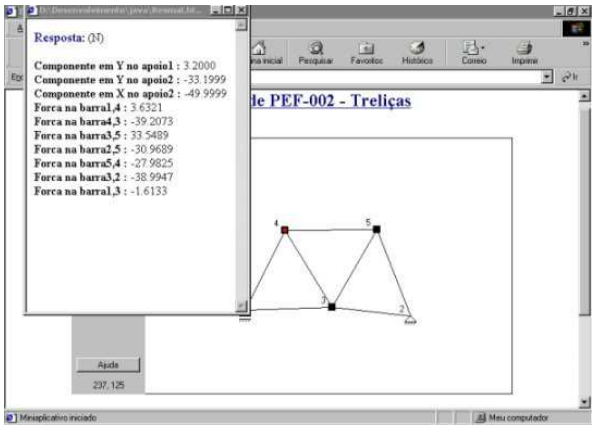

Figura 3: A tela com o resultado do programa

Os resultados apresentados na janela de resposta devem ser interpretados conforme abaixo:
- componente em Y no apoio: representa a força aplicada pelo apoio à estrutura na vertical, quando positiva de cima para baixo.
- componente em X no apoio: representa a força aplicada pelo apoio à estrutura na horizontal, quando positiva da esquerda para direita.
- Forca na barra: representa a força longitudinal aplicada à barra; quando positiva, a barra está sendo tracionada e quando negativa, a barra está sendo comprimida

III. CONCLUSÃO

Este projeto permitiu o entendimento de um trabalho de iniciação científica, o desenvolvimento da habilidade de trabalhar em equipe, a consciência de um problema de engenharia (com os respectivos estudo de alternativas e escolha de uma solução com o estabelecimento de critérios factíveis) além do treinamento para a execução de um planejamento compatível com o realizável.

No início, deparou-se com algo diferente do que geralmente é pedido. Ao invés de ser apresentado um projeto fechado com objetivos finais bem definidos, o desafio era propor um tema e um objetivo do programa a ser desenvolvido. Ou seja, os alunos precisariam formular um problema de engenharia, atentos aos conhecimentos disponíveis. Assim, com dedicação e humildade, os objetivos finais foram focalizados e puderam ser alcançados.

Montou-se um cronograma. Como houve divisão no trabalho entre os integrantes do grupo, este cronograma ajudou a organização. Utilizou-se a técnica do WBS (work broken system) para esta subdivisão das atividades e cada um realizou a sua tarefa com responsabilidade pois cada integrante dependia do que o outro realizaria.

Este projeto também exigiu um aprofundamento maior no assunto desenvolvido em aula, pois além dos conhecimentos próprios houve necessidade de saber exatamente as limitações dos métodos de solução do sistema de equações. Depurou-se o método testando os modelos inicialmente idealizados.

Foi trabalhada a integração de duas linguagens computacionais: C e Java, uma vez que as afinidades dos componentes do grupo eram diferentes. Concluiu-se da importância do aprendizado de conceitos não dependentes a uma única ferramenta.

Destaque-se também a necessidade do trabalho em equipe e a multidisciplinaridade envolvido no trabalho.

Além das experiências citadas acima e o ganho com o aprendizado através das imagens como destacado por LINDENBERG e ARÉVALO [3], nada substitui o orgulho e o prazer de ver um projeto idealizado por nós em funcionamento.

IV. BIBLIOGRAFIA

[1] MILLER, G. R.; COOPER, S. C. **Visual Mechanics**, Boston, 1998, PWS.

[2] WRIGHT, P. H. **Introduction to Engineering** , Nova York, 1998, John Wiley & Sons.

[3] LINDENBERG NETO, H.; ARÉVALO, L. A T. **Using images to teach tehe beginnings of structural engineering.** In INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION, Rio de Janeiro, 1998, **ICEE 98** final program and procceding [em CD-ROM], Rio de Janeiro, PUC.