

UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL APLICADA AO ENSINO BÁSICO DE ENGENHARIA

Lauro H. M. Chueiri - lauroh@bauru.unesp.br

Newton C. P. Ferro - ferro@bauru.unesp.br

Unesp, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia
Campus de Bauru

17033-360 – Bauru - SP

Vanilda M. M. Chueiri - vanilda@fc.unesp.br

Unesp, Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências
Campus de Bauru

17033-360 – Bauru - SP

Murilo A. Scadelai

Unesp, Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia
Campus de Bauru

17033-360 – Bauru - SP

Resumo. *Uma das maiores dificuldades no ensino das disciplinas de Matemática e Física nos cursos de Engenharia é despertar o interesse dos alunos ingressantes; seu aprendizado é prejudicado pela falta de interação dessas disciplinas com as profissionalizantes e pela dificuldade de aplicação dos conceitos teóricos em exemplos práticos. Neste trabalho objetiva-se a apresentação de um sistema computacional para a solução de problemas específicos de interesse do engenheiro, acessível aos alunos dos primeiros anos do curso, com a aplicação direta de conceitos de Cálculo Diferencial e Integral, Mecânica e Resistência dos Materiais. Esse sistema é desenvolvido em linguagem Delphi, compatível com o MS Windows, e, portanto, com todas as facilidades desse ambiente, permitindo o acesso às etapas intermediárias de cálculo e saída gráfica. O sistema é dividido em programas, sendo apresentados dois deles. O primeiro é para a solução de treliças, calculando-se os esforços nas barras, através apenas de equações de equilíbrio, obtendo-se os deslocamentos nodais por meio do princípio dos trabalhos virtuais. O segundo programa é utilizado para o cálculo de características geométricas de figuras planas e sua aplicação em problemas de flexão. Esses programas permitem ao estudante uma visão da aplicação de alguns conceitos básicos e motivam seu aprendizado em Matemática e Física, bem como o uso da informática.*

Palavras-chave: *Métodos numéricos, Treliças, Características geométricas de figuras, Teorema de Green*

1. INTRODUÇÃO

Uma das preocupações no ensino de graduação para os cursos de Engenharia é despertar o interesse dos alunos iniciantes, por meio de trabalhos de aplicação envolvendo problemas relacionados à sua área de formação. Atualmente, é fundamental para os estudantes o conhecimento e a utilização da informática. Porém, a solução de muitos problemas específicos exigem, geralmente, conceitos acessíveis somente aos alunos em final de curso. Os programas computacionais disponíveis, em geral, são profissionais e de grande porte, dificultando o acesso dos estudantes.

Nesse sentido, alguns programas com objetivos educacionais vêm sendo desenvolvidos na Faculdade de Engenharia de Bauru da Unesp, para a solução de problemas de interesse e que venham a contribuir no aprendizado dos alunos.

No presente trabalho, são apresentados dois programas computacionais que podem ser utilizados por alunos que estão na etapa inicial do curso, exigindo-se somente alguns conceitos básicos de Cálculo Diferencial e Integral, Cálculo Numérico, Mecânica e Resistência dos Materiais. O primeiro aplicativo destina-se à solução de treliças simples, utilizando-se apenas os conceitos de equilíbrio e o princípio dos trabalhos virtuais. O segundo é utilizado para o cálculo de características geométricas de figuras planas e sua aplicação na determinação das tensões em peças submetidas à flexão.

Para facilidade dos usuários, os programas são desenvolvidos em linguagem Delphi (CANTÚ, 1997), compatível com o ambiente Windows. Assim, o estudante tem acesso às etapas intermediárias de cálculo, disponibilização de janelas e saídas gráficas e, principalmente, a visualização da aplicação de alguns conceitos das disciplinas do ciclo básico na implementação dos programas, tais como: equações de equilíbrio, solução de sistemas lineares, Teorema de Green, integração numérica, entre outros.

2. PROGRAMA PARA CÁLCULO DE TRELIÇAS

Como o objetivo principal é a utilização de conceitos simples, a implementação do programa de treliças está baseada apenas em bibliografias básicas dos cursos de graduação, tais como Beer e Johnston (1974) e Carvalho (1996). Os esforços nas barras da treliça são obtidos a partir do equilíbrio dos nós, através do sistema de equações:

$$[a]\{x\} = \{b\}, \quad (1)$$

no qual a matriz $[a]$ é composta pelos cossenos diretores das direções das barras da treliça e das direções das reações de apoio. O vetor de incógnitas $\{x\}$ contém as forças normais nas barras e as reações de apoio. O vetor independente $\{b\}$ é formado pelas forças conhecidas aplicadas sobre os nós da treliça. De uma forma mais geral, esse vetor $\{b\}$ pode ser transformado em uma matriz, na qual cada coluna pode conter um carregamento diferente para a treliça ou os diversos estados de carregamento unitário. Esse procedimento permite que os deslocamentos nodais possam ser determinados a partir do princípio dos trabalhos virtuais, descritos em Sussekind (1979).

Como são utilizadas somente as equações de equilíbrio, a solução é possível apenas para treliças isostáticas, resultando no sistema de equações (1), de ordem n , sendo n igual a duas vezes o número de nós da treliça. As soluções do sistema são obtidas para os diversos casos de carregamento, ou estados de deformação, através do Método de Eliminação de Gauss (Ruggiero e Lopes, 1996). Para a implementação do algoritmo utilizado no pivotamento, alguns conceitos de Cálculo Numérico são revistos, pois a matriz dos coeficientes é esparsa, não simétrica e mal condicionada, podendo conter elementos nulos na diagonal principal.

O usuário possui todas as facilidades para a entrada de dados e visualização dos resultados por intermédio de janelas do ambiente Windows. A título de ilustração, são apresentadas, a seguir, algumas telas do programa. Na Fig. 1, está indicada a caixa de entrada de dados com as opções do “menu calcular” disponíveis. A Fig. 2 apresenta as telas para entrada das coordenadas nodais e propriedades das barras. Na Fig. 3, está indicada a força normal nas barras de uma treliça tomada como exemplo e, na Fig. 4, os deslocamentos nodais.

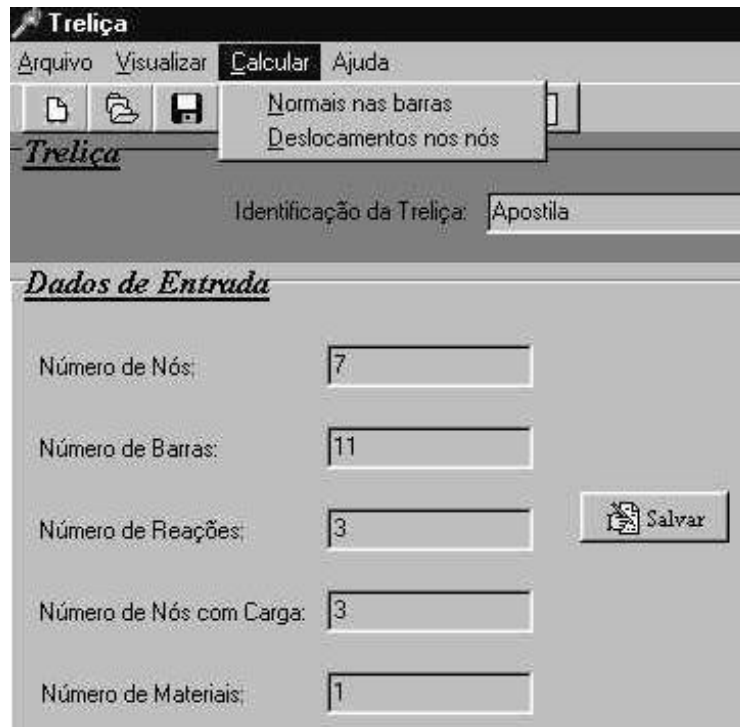


Figura 1. Dados de entrada e Menu Calcular



Figura 2. Entrada para Coordenadas nodais e Propriedades das barras

Barra	Força
1	-4,6154
2	-4,6154
3	3,4615
4	5,7692

Figura 3. Força Normal nas barras

Nó	Desloc. x	Desloc. y
1	0	3,1275E-20
2	0,24725	-0,21885
3	0,12363	-0,41718
4	0,19231	-0,49914

Figura 4. Deslocamentos nodais

3. PROGRAMA PARA CÁLCULO DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE FIGURAS PLANAS

Muitos problemas de Engenharia necessitam do cálculo de propriedades geométricas de figuras. Para tanto, desenvolveu-se um programa para cálculo de área, baricentro e momentos de inércia para figuras formadas por poligonais quaisquer, possibilitando-se, também, a composição com outras figuras.

No caso de figuras poligonais, utilizou-se a aplicação do Teorema de Green (Swokowski, 1994), em um procedimento semelhante ao desenvolvido por Savassi (1987). Desta forma, as integrais de domínio em uma figura no plano, envolvidas no cálculo da área, momentos estáticos e momentos de inércia, são transformadas em integrais no contorno da figura. Através da divisão de elementos no contorno que ligam os vértices da figura, essas integrais podem ser calculadas por meio da integração numérica de Gauss. Tendo em vista o grau das funções envolvidas, apenas dois pontos de Gauss fornecem a solução exata da integral. Assim, pode-se implementar um algoritmo que permite o cálculo das propriedades geométricas de uma figura qualquer poligonal.

Incluiu-se a possibilidade de composição com figuras de forma circular (círculo, semicírculo ou um quarto de círculo) e também com outro tipo de figura qualquer, com propriedades definidas pelo usuário. Desta forma, é possível a determinação de propriedades geométricas das mais diversas formas de seção.

A título de exemplo, apresenta-se, na Fig. 5, o menu principal do programa, com os tipos de figuras a serem utilizadas. Na Fig. 6 está indicada a caixa de dados das coordenadas dos vértices (nós) que definem o polígono e, na Fig. 7, os tipos disponíveis de figuras circulares.

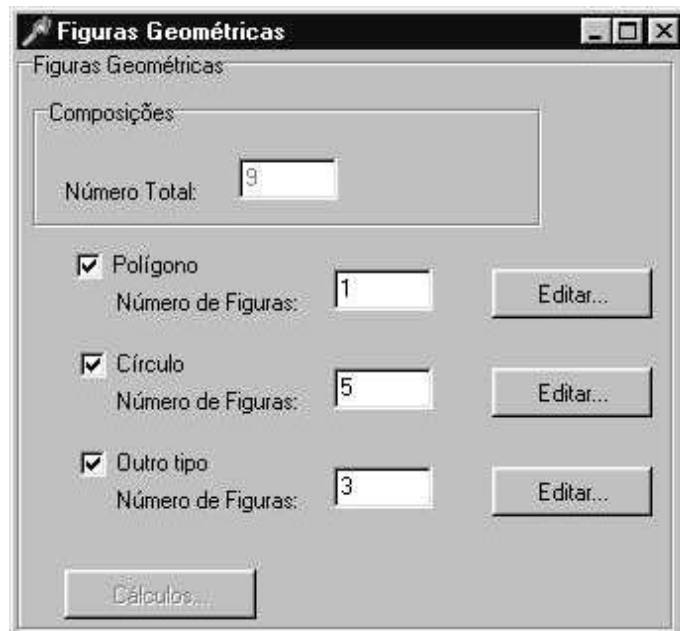


Figura 5. Menu principal com tipos de figuras

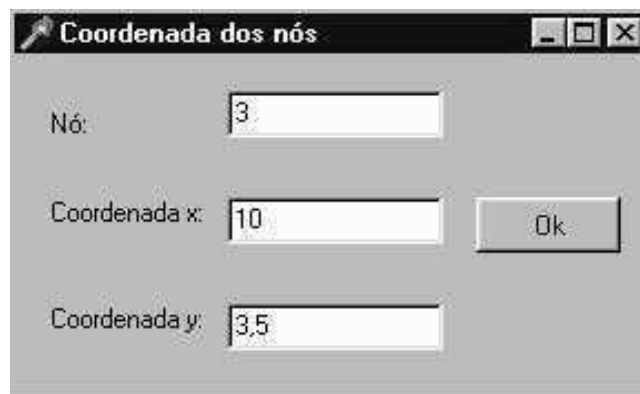


Figura 6. Entrada para as coordenadas dos vértices de um polígono

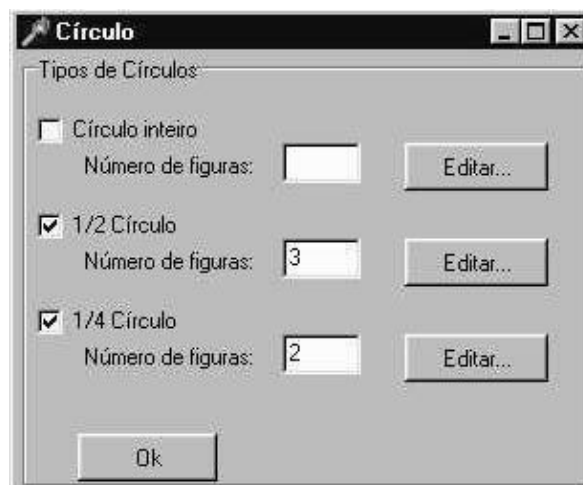


Figura 7. Tipos de figuras circulares disponíveis

No caso de composição de áreas que incluem figuras de forma circular, suas propriedades devem ser fornecidas, tais como o centro, o raio e a posição, conforme o exemplo do semicírculo indicado na Fig. 8. O mesmo ocorre para figuras quaisquer, pré definidas pelo usuário, para as quais devem ser dados os momentos de inércia da figura, em relação ao seu centro geométrico.

Na Fig. 9, apresentam-se os resultados obtidos para uma figura composta, na qual estão indicadas as coordenadas do baricentro e os momentos de inércia em relação aos eixos que passam por esse ponto.

The screenshot shows a window titled "1/2 Círculo" with a standard Windows-style title bar. Inside the window, there is a section labeled "Coordenadas do Centro" containing two input fields: "X:" with the value "2,5" and "Y:" with the value "2,5". Below this, there are two more input fields: "Raio:" with the value "10" and "Ângulo com X:" with the value "90". An "Ok" button is located at the bottom right of the window.

Figura 8. Entrada de dados para o semicírculo

The screenshot shows a window titled "Resultados Obtidos" with a standard Windows-style title bar. The window is divided into two main sections. The left section is labeled "Área e Baricentro" and contains three input fields: "Área:" with the value "150", "Xcg:" with the value "5,3654", and "Ycg:" with the value "8,6598". The right section is labeled "Momentos de Inércia" and contains three input fields: "Ix:" with the value "15465,56", "Iy:" with the value "65156,32", and "Ixy:" with the value "-13552,66". An "Ok" button is located at the bottom center of the window.

Figura 9. Resultados finais das características geométricas de uma figura

Além do cálculo de áreas, baricentros e momentos de inércia, está sendo implementado o cálculo de tensões em peças de seção qualquer, submetidas à flexão. Esse tipo de problema de Resistência dos Materiais é extremamente útil para os estudantes e consideravelmente trabalhoso no caso de seções transversais não simétricas.

4. CONCLUSÕES

Apresentaram-se, neste trabalho, dois aplicativos que têm como principal objetivo o auxílio do aprendizado das disciplinas básicas dos cursos de Engenharia. Além de incentivar o estudante a utilizar a informática desde o início do curso, pretende-se que ele aplique conceitos básicos importantes em exemplos práticos e possa conhecer todas as etapas dos algoritmos desenvolvidos.

Dessa forma, essas ferramentas devem não somente motivar o aprendizado dos conteúdos básicos, mas também incentivar o estudante no desenvolvimento de seus próprios programas computacionais.

No caso do programa de treliças, já vem sendo possível verificar tais resultados. O programa foi, originalmente, desenvolvido por um aluno bolsista, em linguagem Pascal para DOS e, posteriormente, adaptado para o ambiente Windows. Além de utilizar este primeiro programa, diversos alunos têm-no adaptado para calculadoras programáveis ou acrescentado novas etapas, tais como o dimensionamento das barras da treliça ou a personalização de novos menus. Isto é possível em razão da simplicidade do programa e do uso de conceitos que já são conhecidos ou que estão sendo aprendidos.

O programa para cálculo de características geométricas deverá ser disponibilizado aos alunos já no próximo semestre e espera-se que também traga benefícios semelhantes aos já observados com o primeiro programa. Por exemplo, tem-se a expectativa de que a aplicação de conceitos do Cálculo Diferencial e Integral e do Cálculo Numérico em problemas específicos de Resistência dos Materiais venha a auxiliar o aprendizado dessas disciplinas.

Pretende-se, ainda, desenvolver novos aplicativos, sempre com a participação efetiva de estudantes, envolvendo, principalmente, conceitos de Matemática e Física que, tradicionalmente, trazem dificuldades para os alunos ingressantes.

REFERÊNCIAS

- BEER F. P., JOHNSTON, E. R. *Mecânica vetorial para engenheiros: estática*. São Paulo: MAKRON Books do Brasil Editora Ltda., 1997. 794p.
- CANTÚ, M. *Dominando o Delphi 3 – a bíblia*. São Paulo: MAKRON Books do Brasil Editora Ltda., 1997. 1090 p.
- CARVALHO, C. A. T. *Isostática*. Bauru: Unesp, 1996. 182 p. Notas de Aula – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, 1996.
- RUGGIERO, M. A. G., LOPES, V. L. R. *Cálculo numérico – aspectos teóricos e computacionais*. 2. ed. São Paulo: MAKRON Books do Brasil Editora Ltda., 1996. 406 p.
- SAVASSI, V. *Formulações para cálculo (programável) de características de figuras geométricas planas*. São Carlos: USP, 1987. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1987.
- SWOKOWSKI, E. W. *Cálculo com geometria analítica*. v. 2. São Paulo: MAKRON Books do Brasil Editora Ltda., 1994. 736 p.
- SUSSEKIND, J. C. *Curso de análise estrutural*. v. 1 e 2. Porto Alegre: Editora Globo, 1979.