

SOFTWARE PARA CÁLCULO DE TRELIÇAS DE MACARRÃO

Isabella Silva Menezes¹, Gustavo Cabrelli Nirschl²

Introdução

Atualmente, existem diversos concursos de teste de resistência de treliças feitas com barras de macarrão. Exemplos podem ser encontrados em Departamento [1] e em Instituto [2]. Essas treliças também podem ser chamadas de “pontes de macarrão” e constituem-se de um modelo de uma ponte treliçada cuja matéria-prima usada é o macarrão, que deve ser capaz de suportar determinada carga. Neste contexto, este trabalho apresenta a criação de um programa de computador para o cálculo de esforços e dimensionamento de três modelos de treliças de macarrão, com geometrias pré-definidas. O software foi criado a partir do programa *Lazarus*, que é livre e gratuito, disponível em Lazarus [3]. Tal ferramenta permite a criação de um programa com entrada e saída gráfica de dados.

O principal objetivo é disponibilizar um programa simples, porém preciso, para o cálculo de três modelos de treliças de macarrão, a fim de evitar possíveis erros manuais e permitir ao usuário simular um número maior de modelos para otimizar o projeto.

Fundamentação Teórica

A. Concursos de treliças de macarrão

Departamento [1] apresenta um regulamento para a construção de treliças de macarrão, que também foi adotado por Instituto [2], onde consta que o peso da ponte (considerando o macarrão e as colas utilizadas) não poderá ser superior a 750 g, o que equivale a 750 fios de macarrão. Além disso, a geometria da treliça deve obedecer às regras da Figura 1.

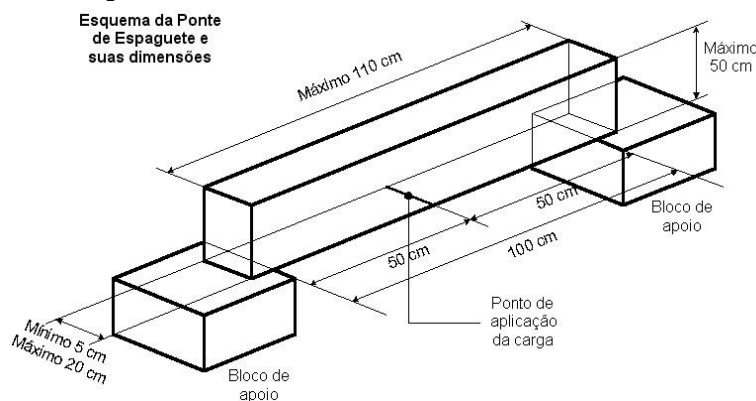


Figura 1: Normas para a geometria da treliça, de acordo com o regulamento descrito em Departamento [1].

B. Cálculo de esforços de treliças pelo método dos nós

Botelho [4] cita que “treliças são estruturas compostas por barras com extremidades articuladas. São usadas para vários fins entre os quais, vencer pequenos, médios e grandes vãos. Pelo fato de usar barras articuladas e de se considerar pesos suportados colocados nos nós, essas barras funcionam principalmente à tração e compressão.”

Para a determinação das forças que atuam nas barras, Meriam [5] apresenta o Método dos nós, que “(...) consiste em satisfazer as condições de equilíbrio para as forças que atuam sobre o pino de ligação de cada nó. Portanto, o método lida com equilíbrio de forças concorrentes, e somente estão envolvidas duas equações de equilíbrio, independentes. Começa-se a análise por qualquer nó onde exista ao menos uma carga conhecida, e onde estejam presentes no máximo duas forças desconhecidas.”

O autor explica que as duas equações de equilíbrio são $\Sigma F_H = 0$ e $\Sigma F_V = 0$ (somatório de forças horizontais e somatório de forças verticais nulos) e devem ser usadas em cada nó.

¹ Estudante do Curso Técnico Integrado em Edificações, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Votuporanga/SP. E-mail: isabellasilvamenezes@hotmail.com

² Professor do Curso Técnico Integrado em Edificações, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Votuporanga/SP. E-mail: nirschl@gmail.com

C. Dimensionamento das barras de macarrão

Departamento [1] apresenta as equações (1) e (2) para o dimensionamento das barras, a partir dos esforços calculados. Tais equações foram deduzidas pelos seguintes pesquisadores: Prof. Inácio Morsch, Prof. Luis Alberto Segovia González, Luis Henrique Bento Leal, Mário Sérgio Sbroglio Gonçalves, Bruna Guerra Dalzochio, Rafael da Rocha Oliveira e Carlos Eduardo Bernardes de Oliveira, Prof. João Ricardo Masuero.

De acordo com Departamento [1], foi usado o macarrão Barilla nº 7 para a dedução das equações.

Para as barras tracionadas, o número de fios de macarrão é calculado apenas dividindo-se o Esforço Normal de tração calculado (N) pela resistência à tração de um fio de macarrão (equação (1)).

Para as barras comprimidas, o número de fios de macarrão é calculado considerando-se o efeito de flambagem, que é preponderante sobre a resistência à compressão do fio (equação (2)).

$$\text{Número de Fios} = \frac{N(\text{kgf})}{4,267(\text{kgf})} \quad (1)$$

$$\text{Número de Fios} = \sqrt{\frac{N^2}{279056r^4}} \quad (2)$$

Em que:

N é o Esforço Normal de compressão, em kgf;

l é comprimento da barra, em cm; e

r é o raio de 1 fio de macarrão, em cm.

D. Criação de softwares usando o Lazarus

Conforme Equipe [6], “o Lazarus é uma ferramenta feita em código aberto para programadores. O seu ambiente é desenvolvido em Pascal e é idêntico ao Delphi. Possui um TForm onde você cria as suas janelas e coloca vários componentes diferentes de acordo com a ocasião.”

Metodologia

Inicialmente, foram concebidos três modelos de treliças isostáticas com dimensões que enquadram ao concurso descrito por Departamento [1].

Tais modelos tiveram seus esforços calculados pelo Método dos Nós, conforme explicado no item B da Fundamentação Teórica.

Com os valores dos esforços, foram utilizadas as equações (1) e (2) para dimensionar as barras usando macarrão.

A criação do software foi feita por meio do programa Lazarus [3], permitindo-se variar apenas a ação (peso a suportar) e a escolha entre três modelos de treliça.

Resultados

A. Cálculo e dimensionamento dos modelos de treliça propostos

Os três modelos de treliça propostos neste trabalho estão mostrados nas figuras 2 e 4, com os cálculos dos esforços demonstrados para o Modelo 1, segundo o Método dos Nós, sendo que todos os resultados estão em função da variável P (ação), o que permitirá a programação. Os modelos 2 e 3 seguiram os mesmos procedimentos de cálculo.

- Modelo 1:

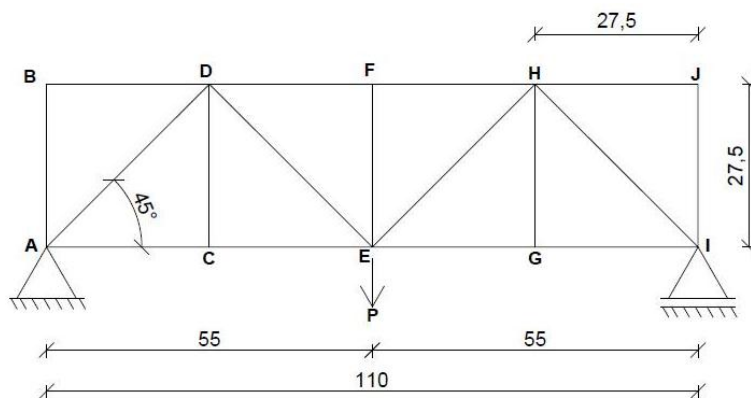


Figura 2: Modelo 1 proposto para integrar o programa. Dimensões em cm.

1) Grau de Estaticidade

$$g = r + b - 2n \quad (r: \text{reações}; b: \text{barras}; n: \text{nós})$$

$$g = 3 + 17 - 2 \cdot 5 = 0 \rightarrow \text{ISOSTÁTICA}$$

II) Reações

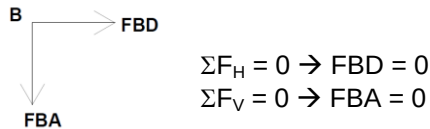
$$\Sigma F_H = 0 \rightarrow H_A = 0$$

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow 55 \cdot P - R_I \cdot 110 = 0 \rightarrow R_I = 55 \cdot P / 110 \rightarrow R_I = P/2$$

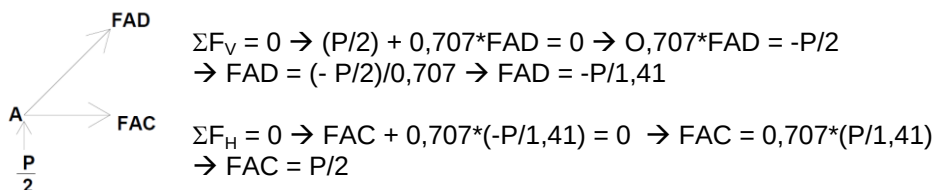
$$\Sigma F_V = 0 \rightarrow R_A + (P/2) - P = 0 \rightarrow R_A = P - (P/2) \rightarrow R_A = P/2$$

III) Esforços - Método dos Nós

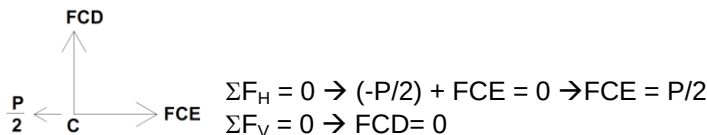
Nó B e J (simetria):



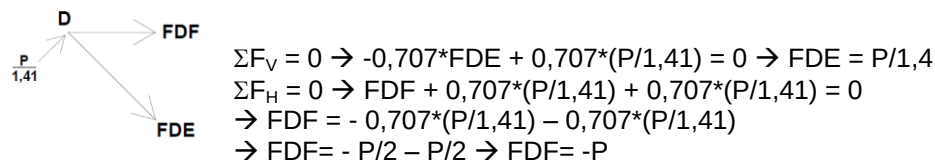
Nó A e I (simetria):



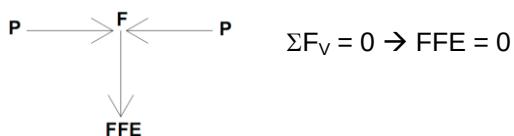
Nó C e G (simetria):



Nó D e H (simetria):



Nó F:



Uma observação que se faz é que o esforço negativo indica barra comprimida e o esforço positivo indica barra tracionada. Como verificação numérica, para uma força P de 10 kgf, os cálculos resultam nos seguintes esforços: FBD = FBA = FJH = FJI = FCD = FGH = FFE = 0 kgf; FAD = FHI = -7,09 kgf; FAC = FCE = FIG = FGE = 5 kgf; FDE = FHE = 7,09 kgf; FDF = FHF = -10 kgf.

Foi feita ainda uma conferência dos cálculos dos esforços por meio do software FTOOL [7] (Figura 3):

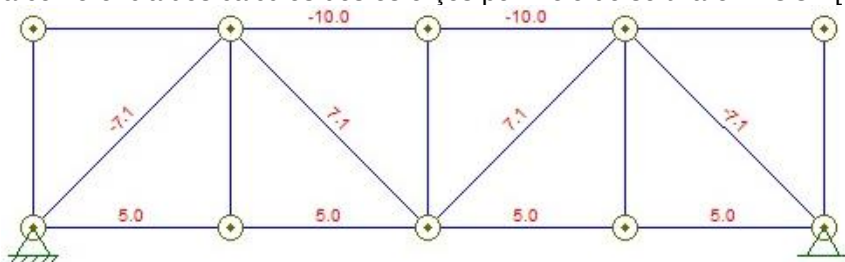
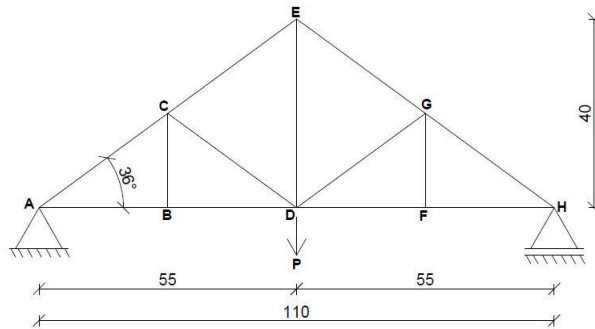


Figura 3: Resultados do Modelo 1 obtidos pelo FTOLL. Valores em kgf.

- Modelo 2:



- Modelo 3:

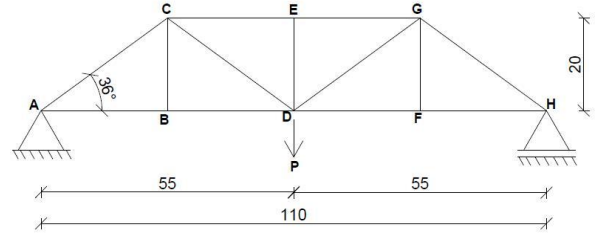


Figura 4: Modelos 2 e 3 propostos para integrar o programa. Dimensões em cm.

B. Criação do software

A tela do software está mostrada na Figura 5, sendo que o usuário deve escolher um dos três modelos da treliça, digitar o valor da ação P e clicar no botão CALCULAR. Após isso, o programa irá exibir o desenho e os valores dos esforços e do dimensionamento no quadro de saída.

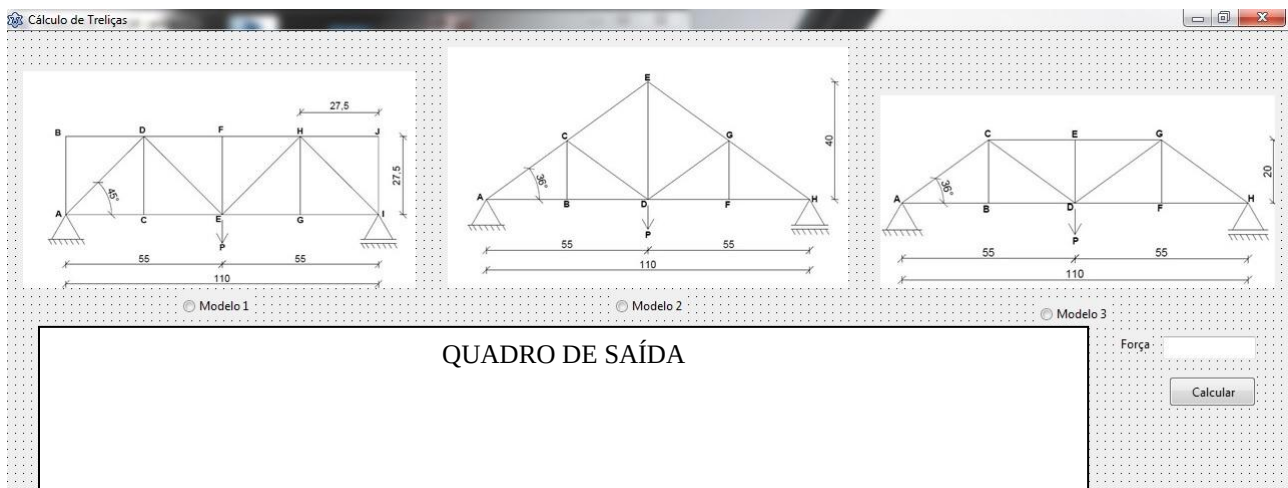


Figura 5: Tela do programa criado.

C. Conclusões

O trabalho proporcionou um primeiro contato do aluno com a programação direcionada a cálculos de edificações, além de reforçar os conhecimentos do cálculo teórico de treliças e contribuir nos concursos de ponte de macarrão.

Referências

- [1] DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL DA UFRGS. **Competição de pontes de espaguete**. Porto Alegre, [200-]. Disponível em <<http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/index.html>>. Acesso em 14 de março de 2014.
 - [2] INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO – CÂMPUS VOTUPORANGA. **Concurso "Ponte de Macarrão"**: Resultados. Votuporanga, 2013. Disponível em <<http://vtp.ifsp.edu.br/blog/2013/06/26/concurso-ponte-de-macarrao-resultados/>>. Acesso em 14 de março de 2014.
 - [3] LAZARUS AND FREE PASCAL TEAM. **Lazarus**. [S.l.], 2013. Disponível em <<http://www.lazarus.freepascal.org/index.php>>. Acesso em 14 de março de 2014.
 - [4] BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Resistência dos Materiais** - Para entender e gostar. São Paulo: Blucher, 2008.
 - [5] MERIAM, J. L. **Estática**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1977.
 - [6] EQUIPE Baixaki. **Lazarus 1.2.2**. Disponível em <<http://www.baixaki.com.br/download/lazarus.htm#ixzz31MAUg0bn>>. Acesso em 14 de maio de 2014.
- FTOOL. Disponível em <<http://www.tecgraf.puc-rio.br/ftool/>>. Acesso em 24 de setembro de 2013.