

## INTERFACE GRÁFICA UTILIZANDO GNU OCTAVE APLICADA À ESTÁTICA

Vitor Hugo Lopes Costa Lima (Universidade Federal do Ceará) E-mail: [vitorhugo\\_mec@alu.ufc.br](mailto:vitorhugo_mec@alu.ufc.br)

Rômulo do Nascimento Rodrigues (Universidade Federal do Ceará) E-mail: [rrodrigues@ufc.br](mailto:rrodrigues@ufc.br)

Roberto de Araújo Bezerra (Universidade Federal do Ceará) E-mail: [roberto.bezerra@ufc.br](mailto:roberto.bezerra@ufc.br)

Pierre Maurice Christophe Lamary (Universidade Federal do Ceará) E-mail: [pierre.lamary@ufc.br](mailto:pierre.lamary@ufc.br)

**Resumo:** Estudantes de Engenharia Mecânica têm contato com a disciplina de Estática desde o começo do curso porque, de fato, muitas disciplinas estudadas posteriormente necessitam de conhecimento prévio de conceitos de Estática. Contudo, alguns estudantes não compreendem inteiramente esses conceitos. Alguns autores já discutiram sobre esse problema e desenvolveram soluções, seja usando recursos computacionais ou ferramentas físicas. Esse trabalho visa desenvolver uma nova interface para ajudar estudantes a entender alguns conceitos básicos de Estática em relação a um sistema de uma viga 2D sujeita a cargas e apoios. A interface desenvolvida ainda será aplicada em sala de aula, mas já possui um material que ajude os alunos com possíveis dúvidas.

**Palavras-chave:** MATLAB, Programação, Ensino de Engenharia.

## GRAPHICAL INTERFACE USING GNU OCTAVE APPLIED TO STATICS

**Abstract:** Students of Mechanical Engineering have contact with Statics course since the beginning of the program because, in fact, a lot of courses studied posteriorly needs previous knowledge about Statics concepts. However, some students do not understand deeply these concepts. Some authors have already discussed about this problem and have developed solutions, whether using computational resources or physical tools. This work aims to develop a new graphical interface to help students to understand some Statics concepts concerning to a 2D system of a beam subject to loads and supports. The developed interface is still going to be applied in class but already has a documentation to help students with possible problems.

**Keywords:** MATLAB, Programming, Engineering Teaching.

### 1. Introdução

A disciplina de Estática tem muita importância no curso de Engenharia Mecânica, assim em outros cursos de engenharia, visto que até o final do curso, os alunos se deparam com disciplinas que lidam com o cálculo de esforços em estruturas mecânicas.

Contudo, apesar da importância de Estática na estrutura curricular, ela é considerada uma das disciplinas com maior dificuldade de aprendizado e então é preciso que seja repassado mais do que o conhecimento do professor e o livro didático utilizado, como Bortolo e Linhares (2006) citaram. Masoud (2005) também apontou algumas dificuldades comuns em seus estudantes de Estática, dentre elas pode-se citar a visualização de conceitos teóricos, principalmente quando são problemas reais em 3 dimensões, e a influência e significância de cada força. Bortolo e Linhares (2006) propuseram alguns dispositivos para auxiliar estudantes no aprendizado de sistemas de treliças que poderiam ajuda-los a visualizar a direção das forças e momentos. Dosse et al (2019) avaliaram o impacto de um *makerspace* no aprendizado de estudantes de Estática. No *makerspace* os estudantes podiam projetar e produzir estruturas de treliças para suportar um peso específico, com o auxílio de softwares como MATLAB e

Solidworks. Dosse et al (2019) relataram uma boa avaliação dos estudantes em relação às aulas no *makerspace*. Ande (2018) discutiu sobre o uso de “instrução em pares” em suas aulas de Estática para melhorar o aprendizado e relatou bons resultados com o seu em seus estudantes.

Steif e Dollár (2005) também ressaltaram a importância de Estática nas disciplinas a serem cursadas depois, Dinâmica e Mecânica dos Materiais, e relataram seu desapontamento com a habilidade de seus estudantes de usar conceitos de estática posteriormente. Então, eles propuseram novas abordagens em suas aulas para ajudar os estudantes a superar suas principais dificuldades em relação aos conceitos. Segundo Steif e Dollár (2005), para entender estática profundamente é necessário entender o que cada variável é e como elas são relacionadas. Eles propuseram implementações em suas aulas utilizando experimentos, demonstrações, apresentações de slides, e questionários sobre os conceitos para ensinar conceitos de forças, momentos, momentos binários, equivalência estática, diagramas de corpo livre, equilíbrio em 2D e 3D, e atrito.

Um bom exemplo de ensino de Estática usando ferramentas diferenciadas é Marghitu, Dupac e Madsen (2013). Esse livro didático aborda conceitos de Estática usando programação em MATLAB para calcular as equações e plotar gráficos dos diagramas de corpo livre. Deloroso et al (2019) também aplicaram diretamente programação no ensino de alguns conceitos de Resistência dos Materiais, abordando também forças internas, conceitos introduzidos em Estática. Os autores utilizaram a linguagem de programação Octave. Contudo, o uso de programação em aulas pode ser um desafio quando for introduzido junto com outros conceitos e equações, até mesmo se os estudantes já tenham conhecimento de programação em outra linguagem. Por isso o uso e interfaces gráficas pode ser uma vantagem em comparação ao uso de programação direta, como discutiu Masoud (2005). Dessa forma, o uso de interfaces gráficas para desenvolver conceitos ensinados em aula pode ser uma ferramenta mais prática por ser mais simples de se utilizar.

Na literatura alguns autores relataram o uso de interfaces gráficas para abordar assuntos discutidos em aulas. Santos, Silva e Corrêa (2017) desenvolveram uma interface gráfica para ajudar estudantes a se familiarizarem com modelos matemáticos envolvendo máquinas de indução de uma maneira bem prática. Foi usada a ferramenta GUI (Graphical User Interface) do MATLAB. Palhares, Dos Santos e De Vasconcelos (2017) usaram uma interface gráfica para resolver problemas de produção para ser usado em aula e ressaltaram o uso de ferramentas computacionais no processo de aprendizagem, também usando MATLAB. Masoud (2005) desenvolveu uma interface gráfica em MATLAB para ajudar estudantes a entender e visualizar conceitos básicos de Estática. A ferramenta apresenta muitos módulos de diferentes assuntos abordados em Estática, como operações com vetores, equilíbrio, treliças, forças internas, centro de massa e inércia. A ferramenta tem muitos recursos que fornecem opções para o usuário construir o problema de estática, resolver e visualizar os resultados.

Ainda que MATLAB seja uma ferramenta muito importante na comunidade acadêmica, ainda possui um grande impasse para ser efetivamente utilizada em aula, é um software privado e muitos estudantes não podem arcar com seu custo. Por isso, alguns outros autores também relataram o uso de um software de programação alternativo ao MATLAB, a ferramenta livre GNU Octave, além de fazer comparações. Casto e Lüthmann (2010) utilizaram Octave para fazer simulações numéricas em algumas disciplinas, como Geometria Analítica, Equações Diferenciais, Álgebra Linear, Cálculo Numérico, Estatística e Cálculo Vetorial. Chaves et al (2006) compararam MATLAB,

Octave e Python e concluíram que Octave e Python apresentam uma performance aceitável para substituir MATLAB em Processamento de Sinal/Imagem e suas similaridades com a linguagem MATLAB poderia tornar ainda mais fácil para qualquer um que já tenha usado MATLAB. Leros, Andreatos e Zagoriano (2010) também compararam MATLAB e Octave em aplicações simuladas de controle Proporcional Integral Derivativo, filtro Kalman e um problema de inversão de teste de matriz Hanowa computacionalmente exigente. Os autores concluíram que MATLAB é mais rápido, suas ferramentas gráficas são melhores, e é mais “amigável” com usuários, além de que é rico em ferramentas e possui uma comunidade e referências bem desenvolvida. Ainda assim Leros, Andreatos e Zagoriano (2010) consideraram Octave como uma boa alternativa por conta do custo. MATLAB tem um custo razoável, porém a vantagem de usar Octave aparece quando os pacotes de ambos são comparados, onde os pacotes adicionais de MATLAB são custos adicionais à própria plataforma, enquanto todos os pacotes do Octave são gratuitos, assim como a mesma.

Esse trabalho, assim como Masoud (2005), visa fornecer uma interface gráfica para calcular problemas de Estática. Contudo, o foco aqui é apresentar uma ferramenta que resolva problemas mais específicos relacionados a vigas, visto que essa parte parece não ser muito abordada na interface gráfica de Masoud (2005). A interface gráfica desenvolvida aqui calcula problemas simples em uma viga simples em 2D, retornando as reações e forças internas. Além disso, a linguagem Octave foi usada para programar e construir a ferramenta visto que Octave é muito similar ao MATLAB e é um software gratuito, o que favorece seu uso em sala de aula. Ainda que as duas linguagens sejam muito parecidas ainda há algumas diferenças de sintaxe, logo não há garantia que um código construído em MATLAB possa rodar em Octave (LACHNIET, 2020; LESSA et al, 2015).

## **2. Interface Gráfica ESA BARRA**

A plataforma foi programada usando a ferramenta GUI do Octave. Batizada como ESA BARRA, seu principal objetivo é calcular o valor das forças de reação nos apoios e forças internas desenvolvidas em uma simples viga 2D sujeita a cargas. O programa também pode ser usado para resolver alguns problemas propostos por livros didáticos como uma calculadora, para validar as respostas calculadas por alunos. Por conta da falta de recursos do Octave para construir interfaces mais robustas e de forma mais simples, como MATLAB apresenta, esse trabalho se limitou a implementar apenas sistemas em 2 dimensões, além de limitar não expandir muito os tipos de cargas e o formato da viga.

Ao todo, a interface pode ser dividida em 3 seções diferentes: Estrutura da Viga, Cargas e Resultados. Cada seção será explicada mais detalhadamente a seguir.

### **2.1. Seção Estrutura da Viga**

Nessa seção do ESA BARRA é possível configurar o comprimento da viga e sua inclinação, além de adicionar apoios. Como pode ser visto na Figura 1 ilustrando a seção Estrutura da Viga, existem duas caixas onde o usuário pode colocar o valor do comprimento e inclinação da viga (em graus). Depois de clicar no botão “Criar Viga” a viga é configurada e é plotada na janela gráfica da interface. A viga sempre será representada por um grossa linha azul na janela gráfica. Depois de adicionar a viga, o usuário pode adicionar os suportes e as cargas.

Ao invés de implementar os tipos de fixações que podem ter um ou mais tipos de reações e geralmente são usados em problemas de Estática, as opções de apoios

possíveis de escolher na interface são os 4 tipos de suportes em 2D matematicamente possíveis: suporte com reação em x, em y, em x e y, e com reação de momento.

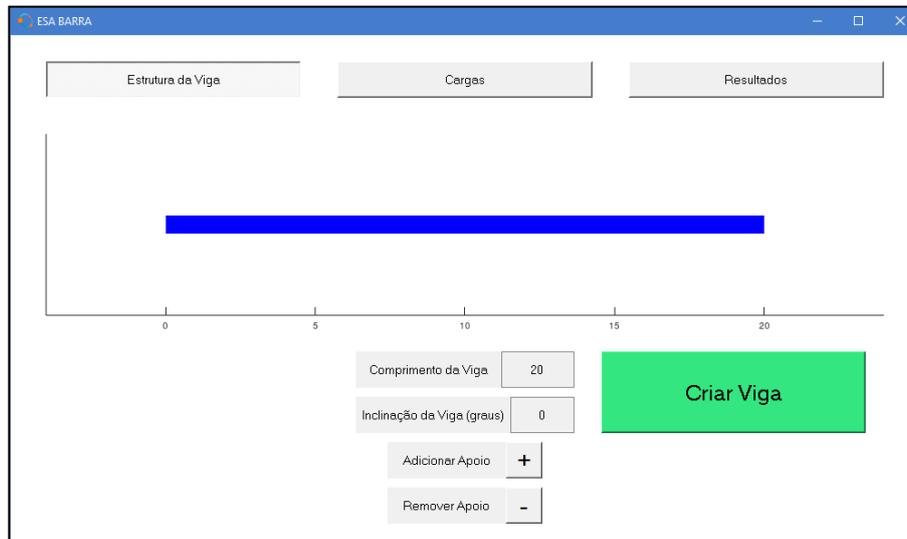


Figura 1 – ESA BARRA: Estrutura da Viga.

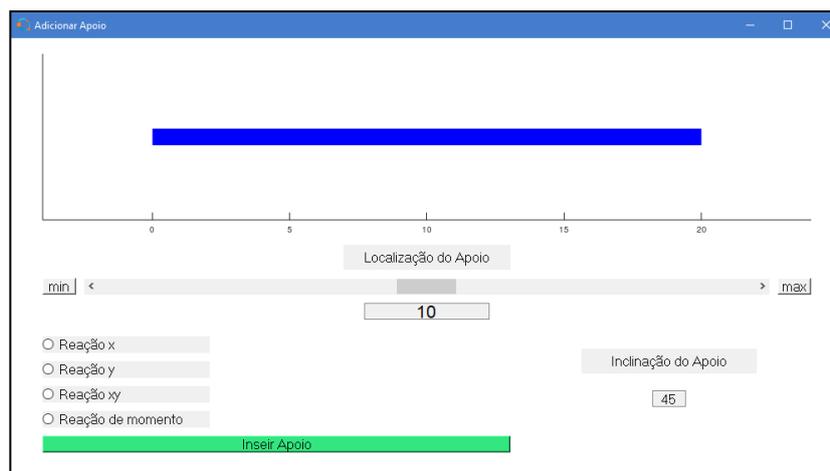


Figura 2 – ESA BARRA: Adicionar Apoio.

Ao apertar no botão “Adicionar Apoio” uma nova janela chamada “Adicionar Apoio” é aberta, essa janela é mostrada na Figura 2. Nessa janela é possível escolher a tipo de apoio e sua localização. Para um apoio xy é possível também colocar o valor da inclinação com o eixo x. Depois de apertar no botão “Inserir Apoio” a janela é fechada e os apoios são adicionadas no sistema, sendo plotados no diagrama de corpo livre da janela principal. O usuário pode adicionar apenas 3 apoios. O botão “Remover Apoio” exclui o último apoio adicionado.

## 2.2. Seção Cargas

Nessa seção o usuário pode configurar a intensidade e localização das cargas aplicadas na viga. É possível adicionar um número ilimitado de cargas, porém quanto mais cargas são adicionadas, maior vai ser o tempo para calcular o sistema, principalmente quando há cargas distribuídas. São possíveis adicionar 3 tipos de cargas: força simples,

momento e carga distribuída. A Figura 3 mostra a seção Cargas. Ao clicar no botão “Adicionar Carga” uma nova janela intitulada “Adicionar Carga” é aberta, sua interface é mostrada na Figura 4. Nessa nova janela o usuário pode escolher um dos 3 tipos de cargas, escolher a posição, colocar a intensidade da força ou momento e a inclinação da força com o eixo x. Quando a opção de carga distribuída é escolhida o conjunto de caixas “Intensidade Carga Distribuída” se tornam disponíveis. Nessa parte da interface é possível escolher 3 tipos de carga distribuídas: retangular, triangular e polinomial. A carga distribuída retangular é uma carga distribuída uniformemente. A carga distribuída triangular é uma carga distribuída linear com até 3 níveis diferentes. Já a carga distribuída polinomial foi implementada como uma opção para fazer aproximações de outras cargas distribuídas, com curvas mais complexas, através de uma curva de um polinômio de 2º grau. Para configurar a carga distribuída o usuário deve colocar o valor do nível da carga distribuída em 3 pontos e suas respectivas localizações. Para a retangular apenas a intensidade 1 será considerada.

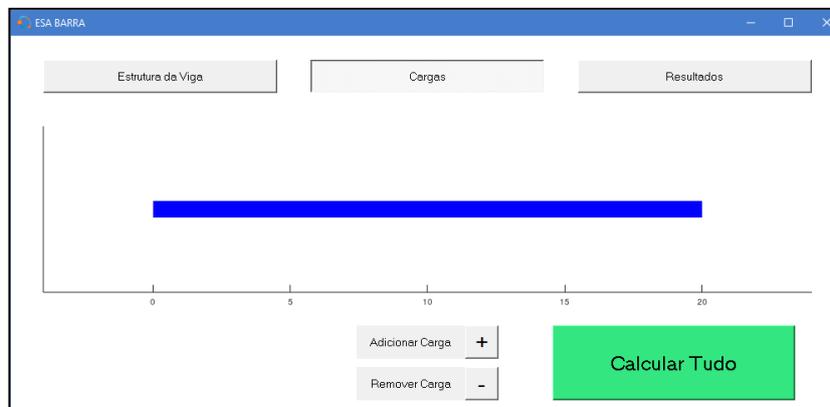


Figura 3 – ESA BARRA: Cargas.

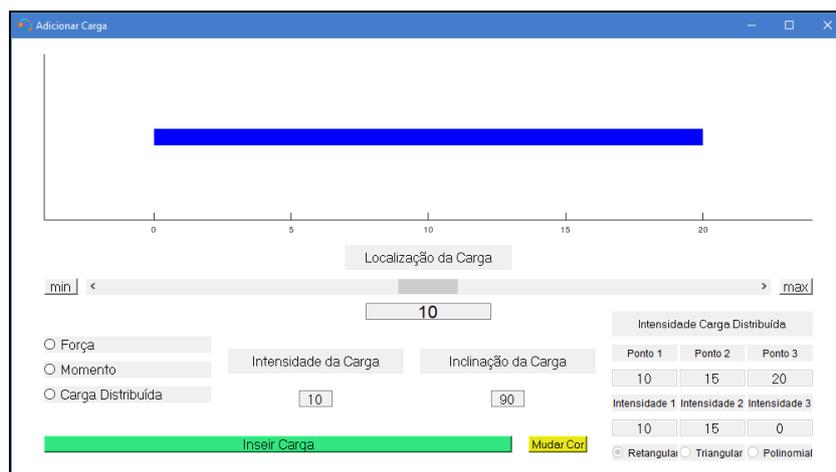


Figura 4 – ESA BARRA: Adicionar Carga.

Clicando no botão “Inserir Carga” a carga é configurada no sistema e a janela “Adicionar Carga” é fechada. Assim como os apoios, ao clicar no botão “Remover Carga” a última carga adicionada é excluída. Ao clicar no botão “Calcular Tudo” tudo que foi configurado no sistema é processado. Mensagens de erro são abertas se existir algum problema, como por exemplo não ter suportes o suficiente para tornar o sistema

estático. Depois de calculado tudo, a janela gráfica mostra as forças de reação dimensionadas entre si e entre as forças simples, além disso suas direções são corrigidas caso a força de reação seja negativa. Algumas legendas também são plotadas na janela gráfica, como é mostrado na Figura 5.

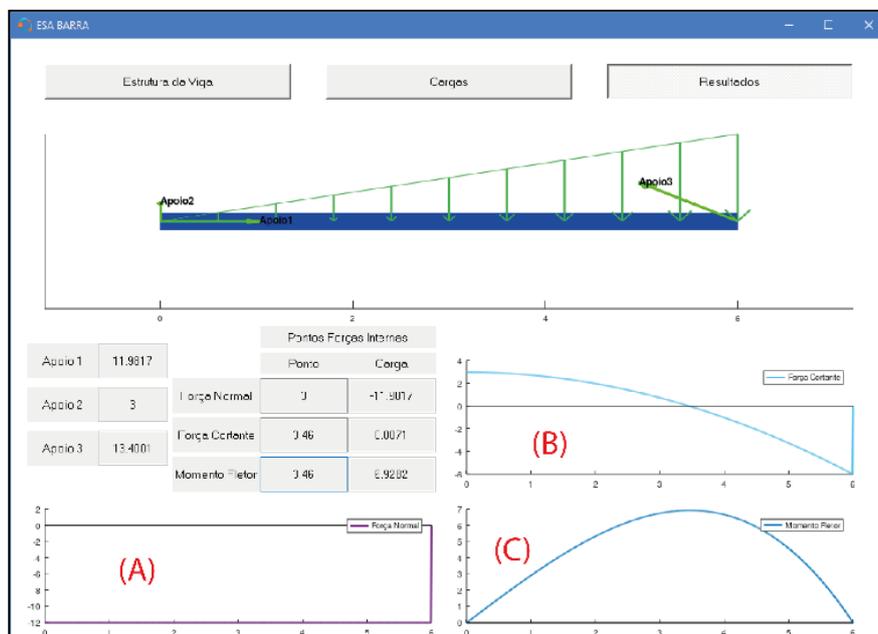


Figura 5 – ESA BARRA: Resultados.

### 2.3. Seção Resultados

Na seção de Resultados é possível verificar os resultados do sistema montado. A Figura 5 mostra a seção com os resultados de um exemplo montado. À esquerda, as caixas com “Apoio” mais uma numeração mostram as reações calculadas em cada apoio, a numeração está de acordo com a ordem de adição do apoio pelo usuário, que também pode ser verificada nas legendas na janela gráfica. O conjunto de caixas “Pontos Forças Internas”, à direita das caixas “Apoio”, são caixas em que o usuário pode colocar a localização de um ponto da viga em uma caixa sob o título “Ponto”, e a caixa sob o título “Carga”, a sua direita, mostra sua respectiva força interna nesse ponto. Os 3 gráficos ilustrados na Figura 5 mostram as curvas de cada força interna ao longo da viga, e são identificados por suas legendas.

Muitos possíveis problemas propostos pelo livro didático usado na disciplina em que será aplicada a ferramenta, Hibbeler (2005), foram usados para testar e validar os resultados da ferramenta. Todos os erros encontrados foram corrigidos e ajudaram a melhorar o código da interface.

### 3. Exemplo usando ESA BARRA

De forma a ilustrar melhor como a ferramenta implementada funciona, serão mostrados os passos para a resolução de um problema proposto por Hibbeler (2005) usando ESA BARRA. Como mostrado no esquema da Figura 6 o problema a ser resolvido é uma viga sujeita a uma carga distribuída linearmente com uma intensidade máxima no ponto B. A viga tem apoios nos pontos B e C.

O primeiro passo é configurar a viga. De acordo com a Figura 6 a viga possui

um comprimento de 6 metros e não possui inclinação. Depois de colocar os respectivos valores de comprimento e inclinação da viga, ao apertar o botão “Criar Viga” a viga será plotada na janela gráfica da interface. Seguindo para os apoios, os 3 apoios existentes no sistema devem ser adicionados pela janela “Adicionar Apoio”. Os suportes a serem adicionados são de reação em x e y (ambos pelo pino no ponto A na posição 0m da viga), e xy (pelo cabo conectado ao ponto B na posição 6m). Na vez de adicionar o apoio com reação xy a inclinação deve especificada também. Pela Figura 6 o cabo está inclinado de tal forma que tem 6 metros em x e 3 metros em y, resultando em um ângulo de  $153.4^\circ$  com o eixo x no sentido anti-horário. Depois de apertar no botão “Inserir Apoio”, eles serão configurados no diagrama de corpo livre da janela principal da interface.

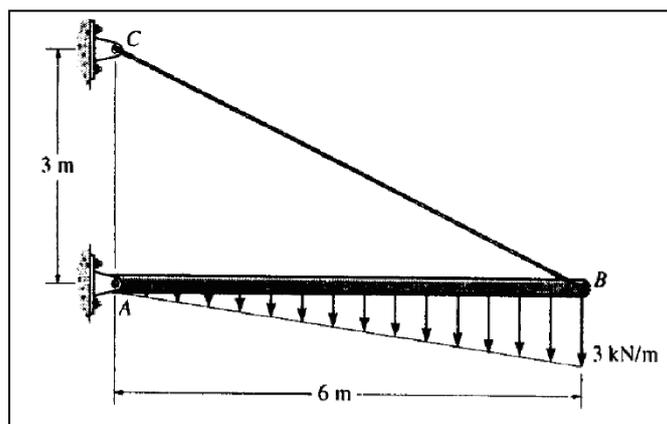


Figura 7 – Esquema de problema proposto por Hibbeler (2005).

Para adicionar a carga distribuída ilustrada na Figura 2, é necessário que na seção “Cargas” a janela “Adicionar Cargas” seja aberta. Nela, o usuário deve escolher a opção de carga “Carga Distribuída”. Nas configurações da carga distribuída as caixas “Ponto” 1, 2 e 3, devem ser modificadas como 0, 0 e 6. Isso ajusta para que os dois primeiros pontos da carga distribuída estejam juntos na posição 0, e o ponto 3 esteja no final da viga. Nas caixas “Intensidade” 1, 2 e 3, devem ser modificadas como 0, 0 e 3. Isso configura para que os dois primeiros níveis da carga distribuída estejam juntos com a mesma intensidade, 0kN/m, e a intensidade 3, no final da viga, seja máxima, com 3kN/m. Depois de apertar o botão “Inserir Carga”, a carga distribuída será configurada no diagrama de corpo livre da janela principal da interface.

Ainda na seção “Cargas”, ao apertar no botão “Calcular Tudo”, o sistema será processado e o diagrama de corpo livre com os apoios e a carga distribuída na janela gráfica agora vão apresentar legendas, e as intensidades e direções das reações dos apoios serão corrigidas. A seção “Resultados” mostrando os resultados do problema é ilustrado na Figura 5. As reações x e y no pino A, são cerca de 12kN e 3kN, respectivamente. A unidade é kN pois a variável de entrada na carga distribuída é kN/m e o comprimento da viga está em metros. Olhando para os gráficos de forças internas, tem-se:

- O gráfico de força normal (indicado pela letra A) mostra um valor de 12kN ao longo de toda a viga;
- O gráfico de força cortante (indicado pela letra B) mostra que a curva

começa em 3kN e cruza o eixo x em cerca de 3,46m até uma intensidade de cerca de -6kN;

- O gráfico de momento fletor (indicado pela letra C) mostra que em cerca de 3,46m ocorre a maior intensidade, de cerca de 6,92kN.m.

#### 4. Conclusão

Nesse trabalho foi implementada uma interface gráfica, chamada ESA BARRA, para calcular as forças de reação e forças internas ao longo de uma viga simples 2D. Apesar de na literatura já existir uma interface gráfica para cálculos de estática, ESA BARRA possui a vantagem de abranger mais apoios e cargas aplicados a uma viga em 2D. Além disso, a interface foi desenvolvida em um código aberto, o que facilita seu acesso por estudantes, pois basta ter a ferramenta gratuita GNU Octave instalada no computador para poder abrir o programa. ESA BARRA ainda será aplicada em sala de aula e avaliada com os estudantes. Para facilitar seu uso, um manual e um vídeo, mostrando exemplos do livro didático sendo resolvidos, foram produzidos e serão disponibilizados.

#### Referências

ANDE, S. *Studying the Effectiveness of Peer Instruction in Statics*. In: ASEE GULF-SOUTHWEST SECTION ANNUAL CONFERENCE, 2018, Austin. Proceedings [...]. [Austin]: The University of Texas at Austin, 2019, p. 2-4.

BORTOLO, K.F. & LINHARES, J.C. *Verificação da necessidade de dispositivos didáticos para o ensino na graduação em Engenharia Mecânica*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 34., 2006, Passo Fundo. Anais [...]. [Brasília]: ABENGE, 2006.

CASTRO, E.O. & LÜHMANN, A.C.O. *Software livre aplicado ao ensino de engenharia e computação*. Revista de Ciências Exata e Tecnologia. Vol. 4, n. 4, p. 91-109, 2010.

CHAVES, J.C.; NEHRBASS, J.; GUILFOOS, B.; GARDINER, J.; AHALT, S.; KRISHNAMURTHY, A.; UNPINGCO, J.; CHALKER, A.; WARNOCK, A. & SAMSI, S. *Octave and Python: High-Level Scripting Languages Productivity and Performance Evaluation*. In: HPCMP USERS GROUP CONFERENCE, 6., 2006, [Denver]. Proceedings [...]. [S.l.]: IEEE, 2006. p. 429-434.

DELOROSO, J.R.; DE AMORIM, T.K.B.; LEAL, M.P.; RABELLO, F.T.; PUEL, A. & STEIL, M.M.M. *Desenvolvimento de algoritmos como ferramentas de ensino-aprendizagem na área de estruturas*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 47., 2019, Fortaleza. Anais [...]. [Brasília]: ABENGE, 2019. Disponível em: [http://www.abenge.org.br/sis\\_artigos.php](http://www.abenge.org.br/sis_artigos.php). Acesso em: 1 abr. 2021.

DOSSE, L.A.; BARRY, M.M.; RAMANATHAN, K. & CLARK, R.M. *A New Approach to Teaching Statics Using a Markerspace*. In: FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 2019, [Covington]. Proceedings [...]. [S.l.]: IEEE, p. 1-4, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/9011701/proceeding>. 1 abr. 2021.

HIBBELER, R.C. *Estática Mecânica para Engenharia*. 10. ed. São Paulo: Pearson Education, 2005.

LACHNIET, J. *Introduction to GNU Octave*. 3. ed. Mountain View: Jason Lachniet, 2020.

LEROS, A.P.; ANDREATOS, A. & ZAGORIANO, A. *Matlab – Octave science and engineering benchmarking and comparison*. In: WSEAS INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS, 14., [2010], [Corfu Island]. Latest Trends on Computers (Volume II). [S.l.]: WSEAS Press, p. 746-754, [2010].

LESSA, I.M.; CARNEIRO, G.F.; MONTEIRO, M.J.T.P & ABREU, F.B. *A Multiple View Interactive Environment to Support MATLAB and GNU/Octave Program Comprehension*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY: NEW GENERATIONS, 12., 2015, Nevada. Proceedings [...]. [S.l.]: IEEE, p. 552-557, 2015.

MARGUITU, D.B.; MIHAI, D. & MADSEN, N.H. *Statics with MATLAB*. London: Springer, 2013.

**MASOUD, N.A.** *Development of MATLAB Graphical User Interface for Teaching Statics*. ASME INTERNATIONAL MECHANICAL ENGINEERING CONGRESS AND EXPOSITION, 2005, Orlando. Proceedings [...]. [S.l.]: ASME, 2005.

**PALHARES, R.A.; DOS SANTOS, D.D.S & DE VASCONCELOS, N.V.C.** *Uso de ferramentas computacionais para o auxílio do ensino: O estudo de caso da Engenharia de Produção*. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL DE GESTÃO UNIVERSITÁRIA, 17., 2017, Mar del Plata. [Florianópolis]: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

**SANTOS, N.I.L.; SILVA, S.O. & CORRÊA M.B.R.** *Desenvolvimento de uma interface gráfica para análise de máquinas elétricas de indução*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. Anais [...]. [Brasília]: ABENGE, 2017. Disponível em: [http://www.abenge.org.br/sis\\_artigos.php](http://www.abenge.org.br/sis_artigos.php). Acesso em: 1 abr. 2021.

**STEIF, P.S. & DOLLÁR, A.** *Reinventing the teaching of Statics*. International Journal of Engineering Education. Vol. 21, n. 4, p. 723-729, 2005.