

## DESENVOLVIMENTO DE ALGORITMOS COMO FERRAMENTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM NA ÁREA DE ESTRUTURAS

**Júlia Ramos Deloroso** – [julia.d12@aluno.ifsc.edu.br](mailto:julia.d12@aluno.ifsc.edu.br)

**Theresa Katarina Bezerra de Amorim** – [theresa.k@aluno.ifsc.edu.br](mailto:theresa.k@aluno.ifsc.edu.br)

**Marcos de Paulo Leal** – [marcospl@aluno.ifsc.edu.br](mailto:marcospl@aluno.ifsc.edu.br)

**Fernando Toppan Rabello** – [fernando.rabello@ifsc.edu.br](mailto:fernando.rabello@ifsc.edu.br)

**André Puel** – [puel@ifsc.edu.br](mailto:puel@ifsc.edu.br)

**Márcia Maria Machado Steil** – [marciasteil@ifsc.edu.br](mailto:marciasteil@ifsc.edu.br)

Instituto Federal de Santa Catarina, Departamento Acadêmico de Construção Civil

Av. Mauro Ramos, 950, Centro

88020-300 – Florianópolis – Santa Catarina

**Resumo:** O uso de softwares é um grande aliado no desenvolvimento de projetos de Engenharia Civil, especialmente na área de estruturas, onde há uma grande oferta de softwares comerciais de análise e dimensionamento. Ainda assim, a programação não é comumente usada como uma ferramenta de apoio no processo de ensino-aprendizagem nesta área, o que limita a capacidade dos graduandos de criar ferramentas capazes de auxiliar no exercício desta função. Sendo assim, este trabalho tem o objetivo de apresentar o processo e os algoritmos desenvolvidos para resolver quatro problemas típicos de disciplinas na área de estruturas da Engenharia Civil, visando a criação de um material didático de auxílio a alunos e professores. Adotou-se a linguagem Octave para o desenvolvimento dos algoritmos, que contemplam: Método das Seções para esforços em vigas, transformação de tensões usando o Círculo de Mohr, Método das Diferenças Finitas para cálculo da deflexão em uma viga, e desenvolvimento do diagrama Momento - Carga Normal para verificação de pilares de concreto armado submetidos à flexo-compressão reta. Os resultados obtidos foram disponibilizados em uma apostila on-line de acesso livre.

**Palavras-chave:** Programação. Engenharia Civil. Estruturas. Octave. Ensino.

### 1 INTRODUÇÃO

A programação é uma poderosa ferramenta de soluções de problemas em diversas áreas do conhecimento. Contudo, ela ainda é pouco utilizada durante a formação universitária do engenheiro civil, embora seja amplamente utilizada no mercado de trabalho através dos softwares auxiliares de cálculo para a área de estruturas, que trazem embutidos modelos e procedimentos técnicos muitas vezes não percebidos pelo usuário.

Promoção:



Realização:



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ

Organização local do evento:



Segundo Martins Filho & Sanglard (2000), o usuário que se limita ao uso destes *softwares* inibe, além da sua visão técnica crítica dos modelos e métodos ali embutidos, a possibilidade de adaptações técnicas no método ou na reestruturação do modelo analítico da ferramenta. Assim, tem-se um hiato entre o que é lecionado nas disciplinas de programação de computadores e o que se encontram nos softwares especializados, o que cria a sensação de incapacidade de intervenção nestas ferramentas, impossibilitando a implementação de novos modelos e soluções ou a análise dos métodos adotados.

Neste contexto, foi criado em 2018, no Campus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina, o projeto de integração da pesquisa e extensão ao ensino intitulado "Pensamento computacional e implementação prática de algoritmos na área de estruturas da construção civil", com o intuito de desenvolver os conceitos do pensamento computacional e utilizar o *software* livre Octave para elaborar algoritmos para a resolução de problemas da área de estruturas.

Os participantes do projeto se propuseram a desenvolver algoritmos para quatro (4) problemas usuais de disciplinas de estruturas, sendo eles: obtenção de diagramas de esforços em duas (2) dimensões para vigas isostáticas com diferentes carregamentos; construção do Círculo de Mohr; obtenção da linha elástica de vigas pelo método das diferenças finitas; ábaco de flexo-compressão em pilares de concreto armado. Visaram, ainda, a elaboração de uma apostila com o detalhamento do desenvolvimento dos algoritmos a fim de que o leitor acompanhasse o raciocínio por trás do desenvolvimento destes.

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar o processo de desenvolvimento dos algoritmos como ferramenta didático-pedagógica voltada ao ensino e ao auxílio da solução de problemas de Engenharia Civil.

## 2 MÉTODO

Para os algoritmos tratados neste trabalho, foi adotada a definição apresentada pela Computer Science Teachers Association (CSTA, 2011), que considera o pensamento computacional como um processo para resolução de problemas, que inclui:

1. Formular problemas de maneira que possam ser resolvidos com o uso do computador e outras ferramentas;
2. Organizar e analisar dados de maneira lógica;
3. Representar dados através de abstrações, como modelos e simulações;
4. Automatizar soluções através do pensamento algorítmico (passos sequenciais);
5. Identificar, analisar e implementar soluções possíveis com o objetivo de atingir a combinação mais eficiente e eficaz de passos e recursos;
6. Generalizar e transferir esse processo de resolução para uma variedade de problemas.

Segundo Bitesize (2011), existem quatro (4) técnicas para o desenvolvimento do pensamento computacional, que são: a decomposição do problema em partes menores e mais

Promoção:



Realização:



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ

Organização local do evento:



fáceis de tratar; o reconhecimento de padrões; a eliminação de dados desprezáveis; o desenvolvimento dos algoritmos.

Unindo essas técnicas à definição da CSTA (2011), o processo para o desenvolvimento dos algoritmos foi dividido em três (3) etapas: compreensão do pensamento computacional; interpretação dos problemas selecionados; aplicação dos conceitos para a solução dos problemas representativos de engenharia estrutural através da programação. Buscou-se sistematizar o raciocínio comumente utilizado em sala de aula para a resolução dos problemas e adequar os códigos (scripts e funções) de modo a gerar algoritmos voltados ao ensino, didáticos e de fácil entendimento, utilizando comandos e funções básicas.

Optou-se por utilizar o *software* Octave, por ser um *software* livre e apresentar uma interface intuitiva e com funções simples, o que facilita a sistematização de problemas e a criação de sequências lógicas e sintaxes para sua resolução. Além disso, possui grande similaridade ao Matlab®, a ferramenta educacional mais conhecida e utilizada para fins de cálculos numéricos, estatísticos e científicos, seja para as engenharias ou outras áreas (COMAN et al., 2015).

### 3 DESENVOLVIMENTO DOS ALGORITMOS

Os quatro (4) problemas selecionados foram organizados em ordem crescente de dificuldade de resolução manual e de sistematização para a forma computacional, buscando a evolução das técnicas de programação junto à evolução da complexidade de solução do problema já conhecido.

Seguindo a premissa de que o aluno veja o algoritmo, o compreenda e possa editá-lo, não foi criada uma interface gráfica. Assim, o código fica visível durante todo o processo e a interação do usuário com o programa se dá através da janela de comandos. Também foi feita uma explicação linha a linha para que ficasse claro o que estava sendo feito em cada etapa (Figura 1).

Promoção:



Realização:

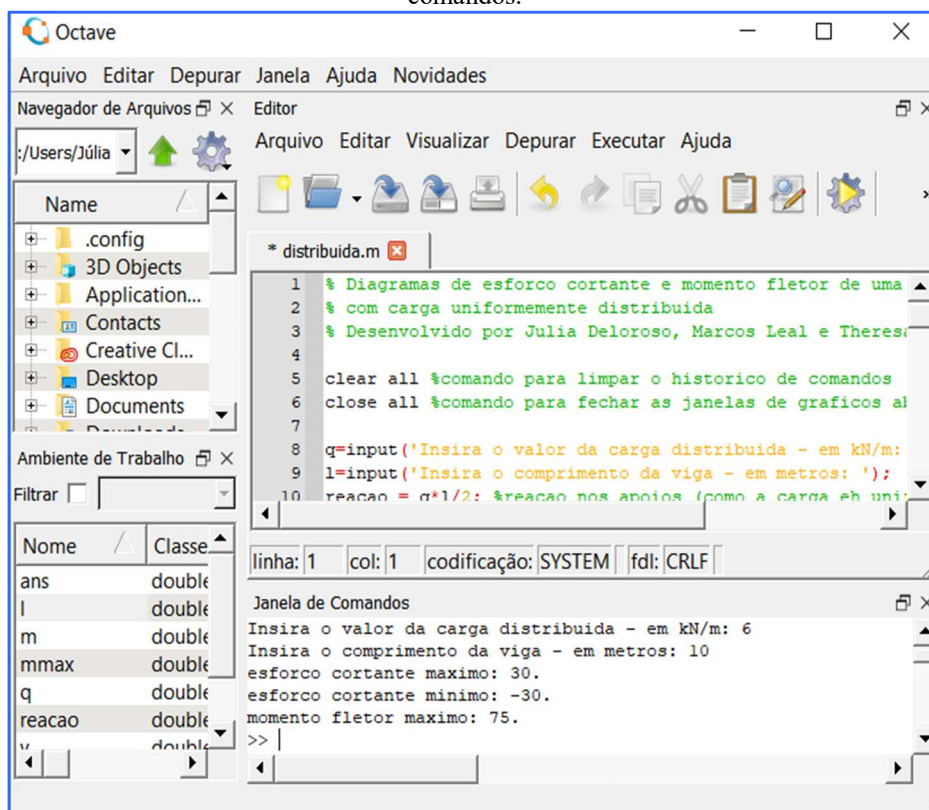


UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ

Organização local do evento:



Figura 1 – Exemplo da interface do *software* e da interação através da janela de comandos.



Fonte: autores.

### 3.1 Diagramas de esforços em vigas isostáticas com diferentes carregamentos

A obtenção de diagramas de esforços em vigas isostáticas está diretamente ligada ao tipo de viga e ao carregamento atuante nela. Com o objetivo de evoluir gradativamente com o usuário os conceitos relacionados à lógica de programação, decidiu-se iniciar pelo caso mais simples (uma viga biapoiada com carga retangular uniformemente distribuída em todo o seu comprimento) e, a partir deste, desenvolver algoritmos para outros casos específicos, até obter o algoritmo para o caso geral. Para todos os casos utilizou-se o método das seções.

#### *Viga biapoiada com carga retangular uniformemente distribuída*

Para que o foco estivesse somente na transformação do problema algébrico em linhas de programação e não na resolução do problema em si, este foi escolhido como o caso inicial por já ser considerado um caso de fácil resolução manual em sala de aula.

Foi desenvolvido considerando uma viga de comprimento variável, com apoios fixos nas extremidades e um carregamento retangular uniformemente distribuído por todo o seu comprimento (Figura 2).

Promoção:



Realização:

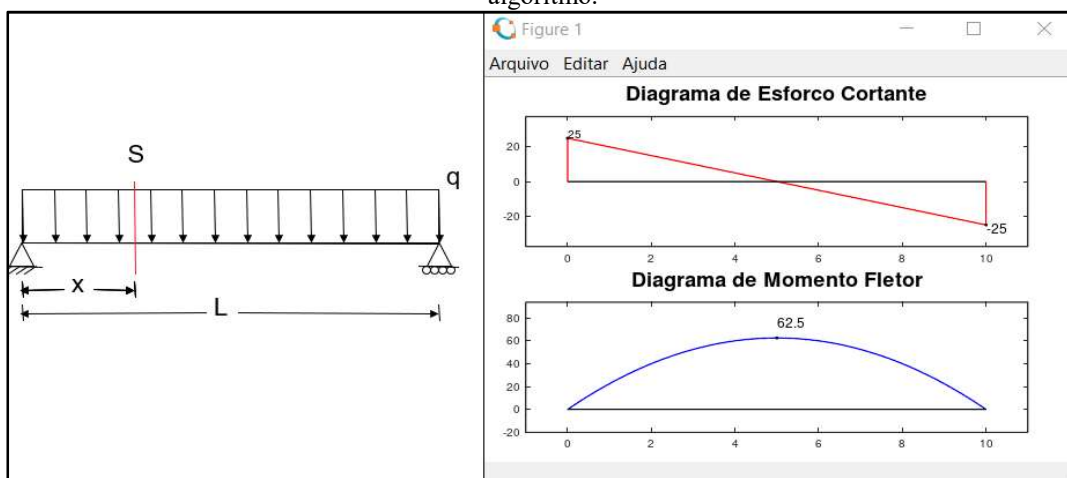


UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ

Organização local do evento:



Figura 2 – Viga utilizada para a criação do modelo computacional e exemplo de resultado obtido com o algoritmo.



Fonte: autores.

### ***Viga biapoiada com carga pontual***

Utilizou-se parte do raciocínio desenvolvido para o algoritmo anterior para a elaboração deste, ainda considerando uma viga de comprimento variável e com apoios fixos nas extremidades, mas dessa vez com o carregamento concentrado em um ponto (pontual).

### ***Viga biapoiada com carga pontual e carga uniformemente distribuída***

Tendo como base os algoritmos anteriormente apresentados, pôde-se desenvolver um que utilizasse a sobreposição deles para calcular os esforços e construir os diagramas de uma viga de comprimento variável, com apoios fixos nas extremidades e duas cargas: um carregamento uniformemente distribuído em uma parte da viga e um carregamento pontual.

### ***Viga com carregamento qualquer***

Por fim, chegou-se a um algoritmo capaz de analisar e construir os diagramas de vigas com comprimento variável e dois tipos de cargas, porém agora com dois apoios em qualquer posição. Além disso, também pode calcular esforços de vigas engastadas (Figura 3).

Promoção:



Realização:

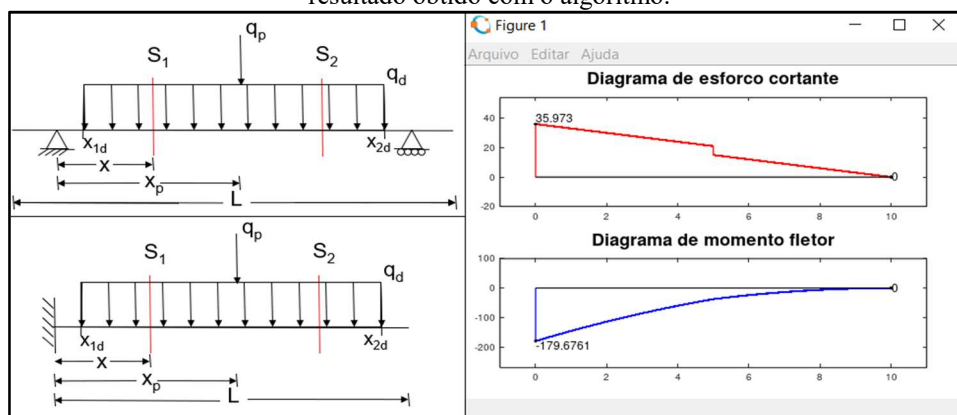


UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ

Organização local do evento:



Figura 3 – Vigas utilizadas para a criação do modelo computacional e exemplo de resultado obtido com o algoritmo.

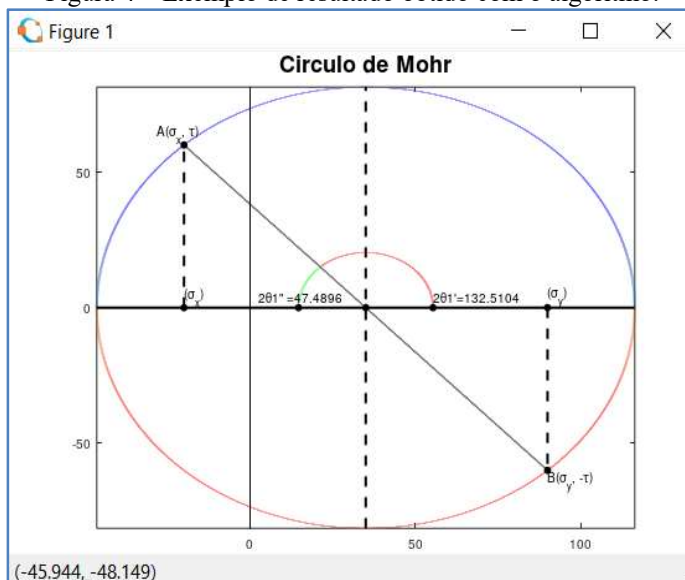


Fonte: autores.

### 3.2 Círculo de Mohr

O cálculo das tensões para construção do Círculo de Mohr, foi feito através de equações já deduzidas em POPOV (1978). Contudo, para representar graficamente alguns elementos foram feitos outros cálculos, como o da equação da circunferência e da reta que a corta para fazer a ligação entre dois pontos. Portanto o foco do algoritmo foi a parte gráfica, apresentando ao usuário diversos comandos de plotagem e maneiras de imprimir graficamente as formas desejadas (Figura 4).

Figura 4 – Exemplo de resultado obtido com o algoritmo.



Fonte: autores

Promoção:

**ABENGE**  
Associação Brasileira de Educação em Engenharia

Realização:

**FACULDADE  
ARI DE SÁ**



**UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ**

Organização local do evento:

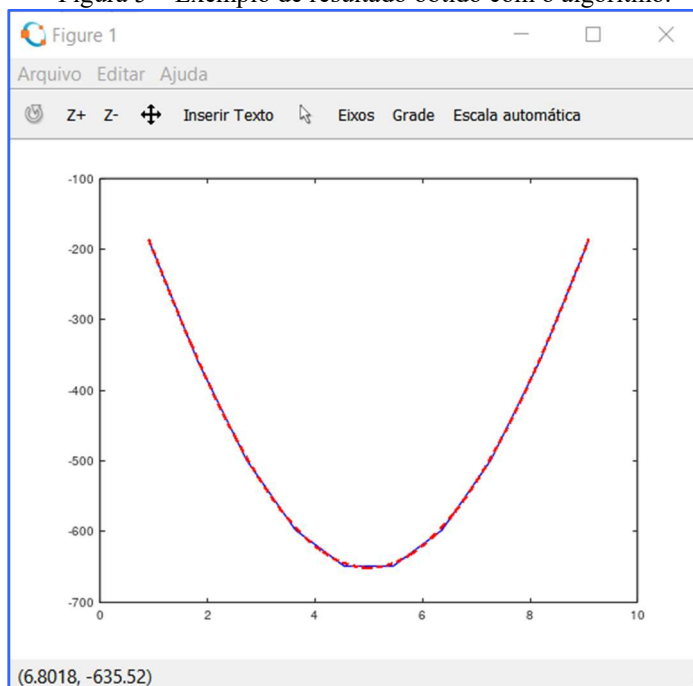
**IKONE25**  
ANOS

### 3.3 Obtenção da linha elástica de vigas pelo método das diferenças finitas

Muitos problemas da área de estruturas só podem ser resolvidos de forma analítica para algumas situações de carregamentos bem específicas, ou adotando métodos mais simplificados e tabelas. Por esse motivo, com o advento dos computadores, muitos destes problemas puderam ser resolvidos utilizando métodos numéricos. A adoção destas soluções aproximadas, no entanto, podem inferir em dois tipos de erro: erro de truncamento - que são erros relacionados ao nível de aproximação em função do tamanho do passo adotado; e erro de arredondamento - que são erros relacionados à impossibilidade de os computadores representarem valores com um número infinito de dígitos (SILVA; SOARES, 2011).

Para o desenvolvimento deste algoritmo, foi utilizado o Método das Diferenças Finitas, substituindo as derivadas na expansão da Série de Taylor, onde foi adotada a fórmula das diferenças centradas. Por ser um método bastante utilizado em cálculo numérico, adotou-se esse método para que fosse apresentada a solução de um problema simples, e que houvesse um primeiro entendimento da influência de certos parâmetros nos erros apresentados acima. Como resultado, o algoritmo apresenta a representação gráfica das linhas elásticas calculadas pelo método analítico, em vermelho, e pelo Método das Diferenças Finitas, em azul (Figura 5).

Figura 5 – Exemplo de resultado obtido com o algoritmo.



Fonte: autores.

### 3.4 Ábacos de flexo-compressão em pilares de concreto armado

O dimensionamento da armadura de pilares de concreto armado pode ser realizado por métodos de iteração, mas este é facilitado por meio da utilização de ábacos. A partir do

Promoção:



Realização:



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ

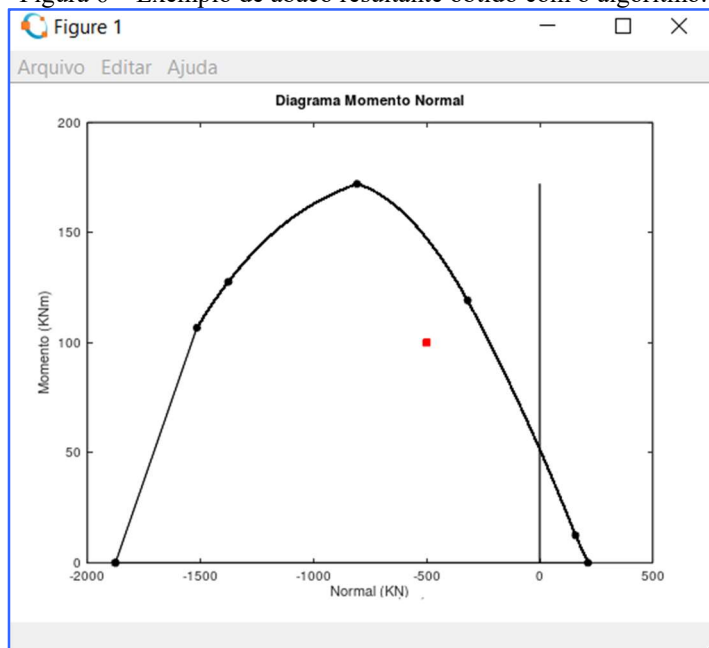
Organização local do evento:



diagrama de domínios para cada deformação no aço e no concreto encontra-se o momento e a normal suportados. Com estes dados, determina-se a área de aço necessária para a seção.

Diferentemente dos ábacos existentes na literatura, neste não é necessário o cálculo do momento fletor reduzido ( $\mu$ ) e do esforço normal reduzido ( $v$ ). Sendo assim, somente com o esforço normal e o momento fletor atuantes no pilar é possível verificar se a seção proposta pelo usuário suporta os esforços solicitantes. Como resultado, o algoritmo apresenta uma envoltória de Momento por Esforço Normal Resistente, com um ponto vermelho representando os esforços solicitantes (Figura 6).

Figura 6 – Exemplo de ábaco resultante obtido com o algoritmo.



Fonte: autores.

#### 4 ELABORAÇÃO E DISPONIBILIZAÇÃO DA APOSTILA

A fim de disseminar o conteúdo produzido, elaborou-se uma apostila para ser utilizada como material didático de apoio aos alunos e professores no processo de ensino-aprendizagem. Sendo assim, a apostila desenvolvida busca expor os algoritmos criados de forma simples e didática, apresentando detalhadamente e construindo com o leitor o raciocínio utilizado pelos discentes durante sua elaboração. A apostila pode ser acessada gratuitamente pelo link (<<https://tinyurl.com/GAEE-ApostilaOctave>>).

Promoção:



Realização:



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ

Organização local do evento:



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que com os algoritmos apresentados neste trabalho será possível preencher a lacuna existente entre as soluções manuais e as soluções computacionais dos problemas analisados, além de aproximar o acadêmico de Engenharia Civil da programação e despertar o interesse pelo uso dela como ferramenta de auxílio. O fato de ter-se utilizado um *software* livre e disponibilizado *on-line* o material desenvolvido democratiza o acesso e facilita a implementação prática desses algoritmos, atingindo o objetivo inicial.

Como continuidade deste trabalho, pretende-se analisar qualitativa e quantitativamente a real aplicabilidade da programação no processo de ensino-aprendizagem em disciplinas da área de estruturas para alunos e professores, levando em consideração as dificuldades e sugestões apresentadas por eles.

## REFERÊNCIAS

BITESIZE, BBC. **KS3 Computer Science – Introduction to computational thinking**. 2017. Disponível em: <<https://www.bbc.com/bitesize/guides/zp92mp3/revision/1>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

COMAN, E.; BREWSTER, M.W.; POPURI, S.K.; RAIM, A.M.; GOBBERT, M.K.: **A comparative evaluation of Matlab, Octave, FreeMat, Scilab, R, and IDL on Tara**. Technical Report HPCF-2012-15. Disponível em: <<http://www.umbc.edu/hpcf>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

CSTA – Computer Science Teachers Association. **Operational Definition of Computational Thinking – for K-12 Education**. 2011, pp. 1-1.

EATON, John W. **GNU Octave**. Disponível em: <<https://www.gnu.org/software/octave/about.html>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

POPOV, Egor P. **Introdução à Mecânica dos Sólidos**. São Paulo: Edgard Blucher, 1978. 552 p.

SILVA, Selênio Feio da; SOARES, Alexandre Andrade Brandão. O MÉTODO DAS DIFERENÇAS FINITAS APLICADO À TEORIA DAS VIGAS. **Traços**, Belém, v. 13, n. 27, p.9-23, jun. 2011. Disponível em: <<http://revistas.unama.br/index.php/revistatracos/article/view/537/214>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

Promoção:



Realização:



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ

Organização local do evento:



## DEVELOPMENT OF ALGORITHMS AS A TEACHING-LEARNING TOOL IN THE STRUCTURES AREA

**Abstract:** *The use of Engineering softwares are of great utility, specially on developing projects in the field of structures, where there is a vast offer of commercial software for analysis and design. Even so, programming is not commonly used as a support tool in the teaching-learning process in this area, which limits the ability of graduates to create tools capable of assisting in the day-to-day tasks of this profession. Thus, this paper presents four algorithms developed to solve typical problems in the field of Civil Engineering structures, aiming at the creation of didactic material to aid students and teachers. It was adopted the Octave programming language for the development of the algorithms, which are: Method of Sections for beams, Tension Transformation using Mohr's Circle, Finite Differences Method for calculating deflections in a beam, and the Moment - Normal load diagram for design of reinforced concrete columns subjected to normal flexural compression. The results obtained were made available in a free access online booklet.*

**Key-words:** *Programming. Civil Engineering. Structures. Octave. Education.*

Promoção:



Realização:



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ

Organização local do evento:

