



MODELOS DIDÁTICOS PRODUZIDOS POR MANUFATURA ADITIVA PARA O ENSINO DE FLAMBAGEM EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS

DIDACTIC MODELS PRODUCED BY ADDITIVE MANUFACTURING FOR TEACHING BUCKLING IN STRUCTURAL ENGINEERING

Gabriela Marinho Fonseca¹, João Victor Fragoso Dias²,
Adenílcia Fernanda Grobério Calenzani³, Silvana De Nardin⁴

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v45p303-316.2026

RESUMO: O presente trabalho apresenta modelos estruturais didáticos desenvolvidos por meio de manufatura aditiva para o estudo de diferentes modos de flambagem. Foram elaborados quatro kits de modelos reduzidos, com o objetivo de auxiliar a visualização da flambagem por flexão, por flexo-torção e das flambagens locais, típicas de elementos estruturais de aço. Os modelos desenvolvidos constituem representações físicas das configurações deformadas associadas aos modos de flambagem selecionados. Adicionalmente, foi concebido um modelo interativo para o estudo do comprimento destravado, relacionado à flambagem por flexão de um pilar duplamente simétrico. Os kits propostos ampliam a percepção visual e tátil dos fenômenos envolvidos, contribuindo para a compreensão da flambagem em disciplinas de graduação em Engenharia.

PALAVRAS-CHAVE: modelos didáticos; flambagem; impressão 3D; estruturas de aço; modelos reduzidos.

ABSTRACT: This work presents didactic structural models developed through additive manufacturing for the study of different buckling modes. Four sets of reduced-scale models were designed to support the visualization of flexural buckling, flexural-torsional buckling, and local buckling, which are typical of steel structural members. The developed models constitute physical representations of the deformed configurations associated with the selected buckling modes. In addition, an interactive model was conceived for the study of the unbraced length, related to the flexural buckling of a doubly symmetric column. The proposed kits enhance visual and tactile perception of the phenomena involved, contributing to the understanding of buckling in undergraduate engineering courses.

KEYWORDS: didactic models; buckling; 3D printing; steel structures; reduced-scale models.

¹ Bolsista de Pós-Doutorado, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), gmarinhofonseca@gmail.com

² Prof. Dr. Adjunto, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), joao.v.dias@ufes.br

³ Prof. Dr. Adjunto, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), adenilcia.calenzani@ufes.br

⁴ Prof. Dr. Adjunto, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), snardin@ufscar.br



INTRODUÇÃO

O fenômeno da flambagem é de extrema relevância para o dimensionamento de elementos estruturais em diversas aplicações de engenharia. Trata-se de um processo associado à estabilidade estrutural, particularmente importante em elementos de elevada esbeltez. Quando submetidos a determinados níveis de tensão de compressão, esses elementos podem apresentar deflexões repentinas, associadas a perdas de resistência e rigidez, que podem levar ao colapso estrutural. Quando imperfeições geométricas e de material são consideradas, é também comum que esse fenômeno seja identificado pelo termo "instabilidade".

Por envolver grandezas com diferentes orientações no espaço, a compreensão da flambagem, de modo geral, representa um desafio significativo para estudantes de graduação. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta modelos estruturais didáticos desenvolvidos por meio de manufatura aditiva (impressão 3D) para o estudo de diferentes modos de flambagem. Foram elaborados quatro kits de modelos reduzidos, associados aos seguintes modos: flambagem por flexão em perfil I duplamente simétrico (modos de flambagem e variação dos comprimentos destravados em cada eixo), flambagem por flexão e por flexo-torção em perfil U e flambagem local em perfil I.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do grupo de pesquisa "Engenharia por Elas", um projeto em rede nacional aprovado na Chamada CNPq 31/2023: Meninas nas Ciências Exatas, Engenharias e Computação. O grupo é composto por pesquisadoras de seis Instituições Federais de Ensino Superior, localizadas nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil: UFSCar (Universidade Federal de São Carlos), UFU (Universidade Federal de Uberlândia), FURG (Universidade Federal do Rio Grande), UFES (Universidade Federal do Espírito Santo), IFSP/CJO (Instituto Federal de São Paulo/Campos do Jordão) e UFAL (Universidade Federal do Alagoas). O objetivo geral do projeto é despertar o interesse, incentivar o ingresso e promover a permanência de meninas da rede pública de ensino em cursos de Engenharia, com ênfase na Engenharia Civil. Os modelos didáticos apresentados neste artigo constituem o produto final de uma das ações do projeto, desenvolvida de forma colaborativa por pesquisadoras da UFES e da UFSCar.



OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de modelos estruturais didáticos, por meio de manufatura aditiva, com o propósito de contribuir para a aprendizagem de estudantes de graduação em disciplinas de Engenharia de Estruturas, com foco nos fenômenos de flambagem. Os modelos produzidos estimulam habilidades de visualização tridimensional e promovem maior sensibilidade no processo de aprendizagem de diferentes modos de flambagem.

CONTEXTUALIZAÇÃO

A depender da geometria, do carregamento e da vinculação do elemento estrutural analisado, diversos modos de flambagem podem ser observados. A solução mais conhecida de problemas de instabilidade foi primeiramente apresentada por Leonhard Euler em 1757, para a determinação da força crítica e dos modos de flambagem por flexão em barras comprimidas. Ao longo dos anos, diversos outros modos que não o de flexão foram observados e descritos na literatura. Podem ser citadas a flambagem por torção, por flexo-torção ou lateral com torção, generalizadas pela teoria de Vlasov (1962); as flambagens locais (associadas às placas que compõem as estruturas), estudadas desde os anos 1900; e as flambagens distorcionais (nas quais se tem mudança da forma da seção transversal), reportadas desde os anos 1970, com estudo aprofundado pela computação moderna (Bradford, 1992). Além da ocorrência desses modos de forma isolada, é comum que eles se combinem, resultando em comportamentos cada vez mais complexos. Nesse cenário, a visualização de cada modo e, em particular, a identificação de estratégias estruturalmente eficientes para mitigá-los são aspectos essenciais no projeto de elementos estruturais.

Conforme discutido na introdução, a compreensão da flambagem envolve grandezas com diferentes orientações no espaço, o que pode torná-la especialmente desafiadora para estudantes em estágios iniciais da formação. Nesse contexto, o uso de modelos didáticos fabricados por manufatura aditiva pode auxiliar o processo de aprendizagem dos estudantes, conforme relatado na literatura em diversas áreas do conhecimento. Ford e Minshall (2019) realizaram uma ampla revisão da literatura sobre o uso da impressão 3D na educação, destacando que modelos físicos produzidos por manufatura aditiva podem favorecer a aprendizagem, aumentar o engajamento dos estudantes e apoiar a



visualização de conceitos complexos em diferentes áreas do conhecimento. Exemplos de modelos impressos em 3D em universidades brasileiras são encontrados em Onisaki e Vieira (2019). Recentemente, Chiliban, Giurca e Inta (2025) apresentaram um modelo didático impresso em 3D para auxiliar estudantes de desenho técnico a compreender vistas seccionadas e elementos internos de peças. Os autores argumentam que o modelo reduz dificuldades de visualização espacial.

A importância de recursos didáticos voltados ao desenvolvimento da visualização espacial também pode ser analisada sob uma perspectiva de gênero: estudos indicam que essa habilidade pode ser menos desenvolvida entre alunas de cursos de Engenharia, em comparação com alunos do sexo masculino (Nagy-Kondor, 2016; Sorby, 2007). Sorby (2007) aponta a maior participação masculina em algumas atividades anteriores ao Ensino Superior (por exemplo, o uso de determinados brinquedos e jogos de computador, a participação em atividades mais técnicas e a prática de determinados tipos de esportes) como fator preditor para tal desigualdade. Outra explicação apontada pela autora se baseia na teoria da ameaça dos estereótipos, segundo a qual a performance de um indivíduo é afetada em situações que demandam habilidades percebidas como incompatíveis com seu papel estereotipado. Tais aspectos motivaram o desenvolvimento do presente trabalho no âmbito do projeto Engenharia por Elas.

Como exemplo bem-sucedido do uso de modelos físicos para o ensino na área de Engenharia de Estruturas, destaca-se o Kit Estrutural Mola (Oliveira, 2008). Trata-se de um modelo amplamente utilizado em diversas instituições de ensino nacionais e internacionais, de fácil manuseio e capaz de demonstrar fisicamente inúmeros conceitos estruturais. Entretanto, a simplicidade da geometria das barras do Kit Estrutural Mola limita significativamente a sua aplicação para a compreensão dos fenômenos de flambagem abordados neste trabalho, especialmente no que se refere à visualização das configurações deformadas associadas aos diferentes modos de flambagem.

Finalmente, é importante destacar o potencial de aplicação de modelos didáticos em disciplinas do curso de Arquitetura. Embora os conteúdos de Engenharia de Estruturas façam parte da formação obrigatória desse curso, a carga horária destinada às disciplinas em Arquitetura costuma ser menor do que a verificada nos cursos de Engenharia Civil. Nesse cenário, os modelos físicos reduzidos podem desempenhar um papel relevante ao facilitar a compreensão de fenômenos estruturais complexos por meio da visualização tridimensional, constituindo um importante recurso de apoio às atividades docentes.



METODOLOGIA

Modos de flambagem selecionados

Para a fabricação dos modelos didáticos, foram selecionados diferentes modos de flambagem, representativos de fenômenos relevantes que são abordados em disciplinas de Engenharia de Estruturas. A seguir, são descritos os modos considerados e suas principais características.

1. Flambagem por flexão em seção duplamente simétrica: este é o modo classicamente utilizado para a introdução do estudo da flambagem em cursos de graduação. Em seções duplamente simétricas, a flambagem por flexão pode ocorrer em torno dos eixos principais de menor (y) ou maior (x) inércia. A carga crítica de flambagem associada a cada um desses modos é dada nas Eqs. [1] e [2]:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 EI_x}{(k_x L_x)^2} \quad \text{Eq. [1]}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 EI_y}{(k_y L_y)^2} \quad \text{Eq. [2]}$$

sendo E o módulo de elasticidade do material; I_x e I_y os momentos de inércia da seção em relação aos eixos x e y ; k_x e k_y os coeficientes de flambagem por flexão em torno desses eixos; e L_x e L_y os comprimentos destravados correspondentes.

2. Flambagem por flexão e por flexo-torção em seção monossimétrica: em seções monossimétricas, em razão da existência de apenas um eixo principal de simetria, a flambagem pode ocorrer por flexão em torno do eixo de não simetria ou por flexo-torção em torno do eixo de simetria. A carga crítica associada à flambagem por flexão é análoga àquela apresentada nas Eqs. [1] e [2]. Já a carga crítica correspondente ao modo de flexo-torção envolve propriedades adicionais da seção transversal, como a constante de torção e a constante de empenamento, conforme apresentado por Fakury, Castro e Silva e Caldas (2017).
3. Flambagem local: a flambagem local é caracterizada pela formação de inúmeras semiondas longitudinais nas chapas que compõem o perfil, sem que a posição média do eixo da barra se altere. No caso de um perfil I submetido à compressão axial, por exemplo, podem ocorrer a flambagem local da mesa (FLM) e a flambagem local da alma (FLA).



Modelagem das peças

Os modelos didáticos desenvolvidos consistem em representações físicas das configurações deformadas associadas a cada modo de flambagem selecionado. A modelagem das peças referentes à flambagem por flexão, bem como das peças na configuração indeformada, foi realizada no *software* Autodesk Fusion. Já os modelos associados à flambagem local foram desenvolvidos no *software* ANSYS APDL, conforme será detalhado na próxima seção.

Impressão das peças

Todas as peças foram produzidas em uma impressora *Creality Ender 3*. Após a etapa de modelagem, o *software* Orca Slicer foi utilizado para o fatiamento dos modelos. Para a impressão, empregou-se filamento do tipo PLA Premium, que apresentou resistência mecânica adequada para a aplicação proposta e garantiu a integridade dos modelos durante o manuseio.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

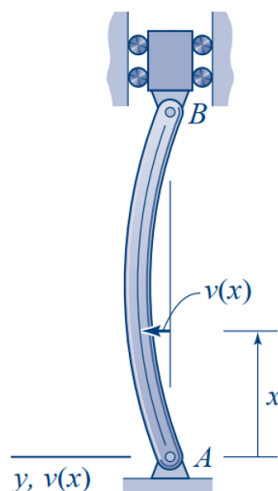
Os quatro kits de modelos didáticos desenvolvidos são descritos a seguir, com ênfase em aspectos relacionados à modelagem e ao potencial de uso no ensino de flambagem em disciplinas de graduação.

Kit Perfil I

Este kit apresenta os modos de flambagem por flexão em torno dos eixos principais de maior e menor inércia, característicos dos perfis duplamente simétricos. Para a modelagem no *software* Autodesk Fusion, foi criada uma *spline* representativa da forma de flambagem por flexão de uma coluna biapoiada, dada na Eq. [3]:

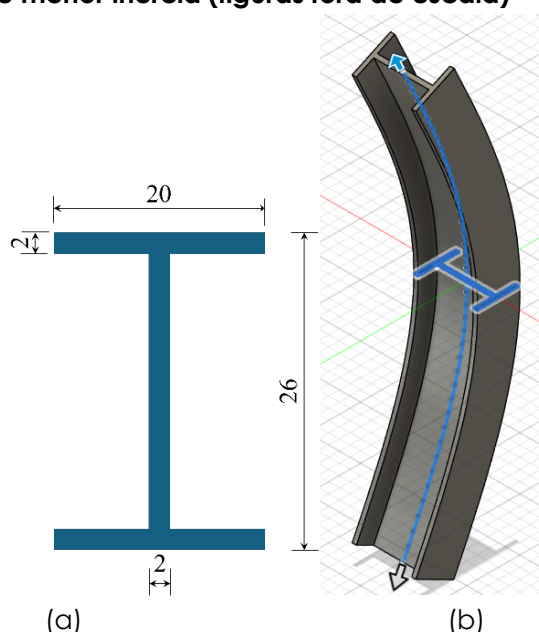
$$v(x) = C_1 \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \quad \text{Eq. [3]}$$

na qual $v(x)$ é o deslocamento lateral associado à flambagem (ver Figura 1), L é o comprimento da barra e C_1 é uma constante equivalente à deflexão máxima (no ponto central da barra).

Figura 1 – primeiro modo de flambagem por flexão de uma coluna biapoada

Fonte: adaptada de Craig (2011).

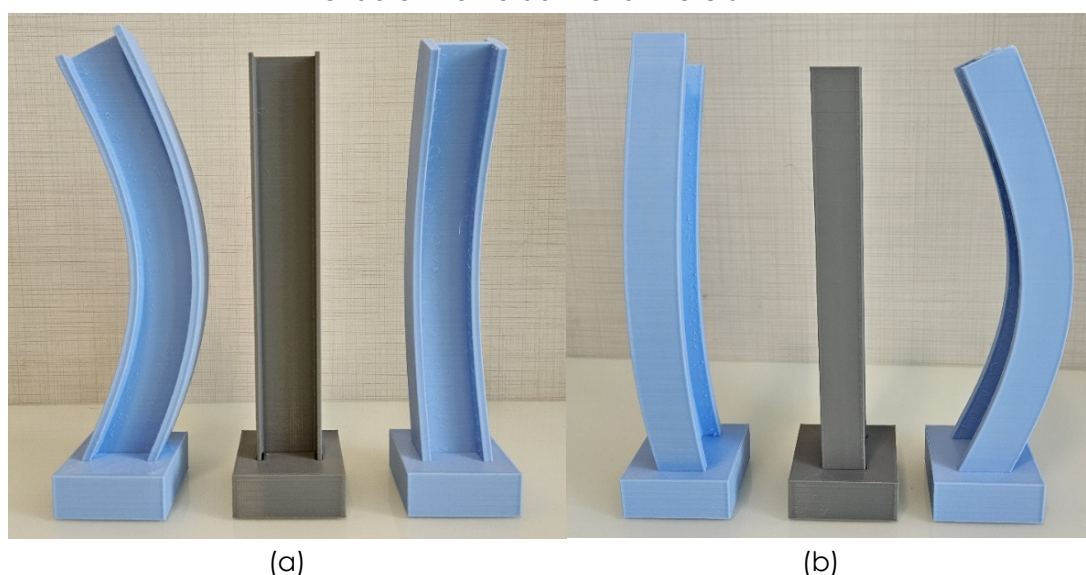
Após a definição da *spline*, utilizou-se a operação de *varredura* para criar o corpo equivalente ao perfil deformado. As medidas da seção transversal adotada são ilustradas na Figura 2(a). A operação de *varredura*, por sua vez, é ilustrada na Figura 2(b) para o modo de flambagem por flexão em torno do eixo de menor inércia. O modelo gerado apresenta comprimento $L = 20$ cm e deflexão máxima de 3 cm.

Figura 2 – Geração dos modelos no software Autodesk Fusion. (a) Seção transversal (medidas em mm) e (b) operação de varredura para o perfil I em flambagem por flexão em torno do eixo de menor inércia (figuras fora de escala)

Fonte: elaborada pelos autores.

O Kit Perfil I é composto por três peças: um perfil I indeformado, um perfil I em flambagem por flexão em torno do eixo de menor inércia e um perfil I em flambagem por flexão em torno do eixo de maior inércia, conforme apresentado na Figura 3. A inspeção visual das peças permite identificar claramente os deslocamentos característicos de cada um desses modos de flambagem.

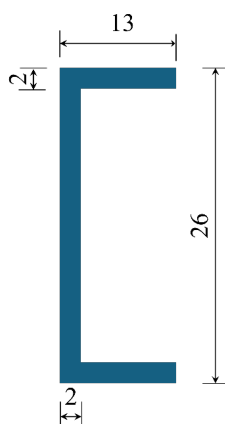
Figura 3 – Kit Perfil I: (a) visão frontal e (b) visão lateral. Em cada figura, da esquerda para a direita: flambagem por flexão em torno da maior inércia, perfil indeformado e flambagem por flexão em torno da menor inércia



Fonte: elaborada pelos autores.

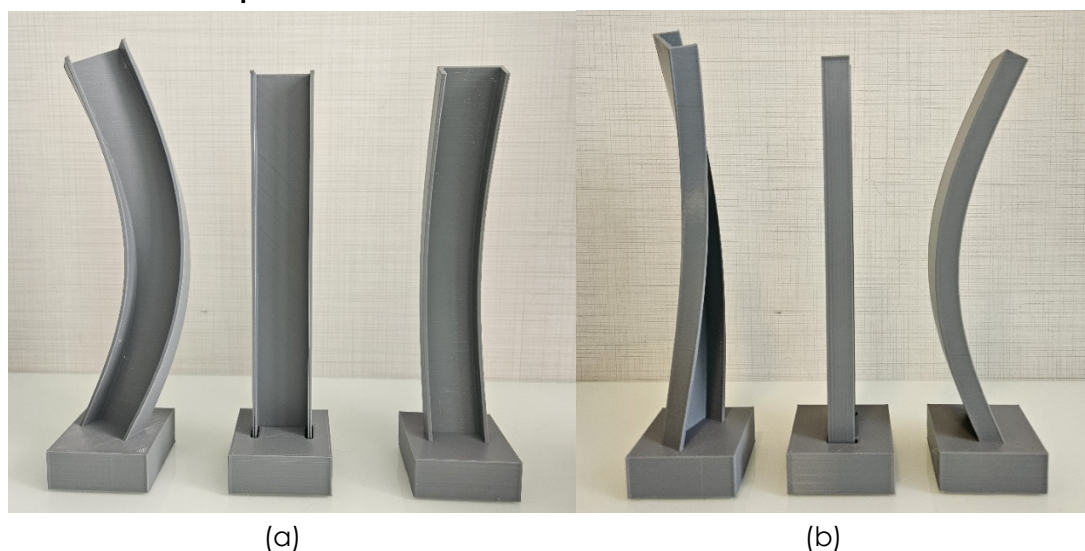
Kit Perfil U

Este kit contempla os modos de flambagem por flexão em torno do eixo principal de não simetria e por flexo-torção em torno do eixo principal de simetria, característicos de perfis monossimétricos. Para o modo de flambagem por flexão, foram adotados os mesmos parâmetros geométricos do Kit Perfil I, porém com a seção transversal ilustrada na Figura 4. Já para o modo de flexo-torção, foi criada uma representação aproximada por meio da inclusão de um ângulo de torção durante a operação de *varredura*. Dessa forma, torna-se possível visualizar simultaneamente os deslocamentos associados à flexão e à torção do perfil U, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 4 – Seção transversal utilizada no Kit Perfil U (medidas em mm)

Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 5 – Kit Perfil U: (a) visão frontal e (b) visão lateral. Em cada figura, da esquerda para a direita: flambagem por flexo-torção em torno do eixo de simetria, perfil indeformado e flambagem por flexão em torno do eixo de não simetria



Fonte: elaborada pelos autores.

Kit Comprimento de Flambagem

No estudo da flambagem por flexão, é comum que estudantes de graduação apresentem dificuldades na avaliação dos comprimentos destravados em diferentes direções. Com o objetivo de facilitar a visualização desses comprimentos, considerando um pilar em perfil I duplamente simétrico, foi desenvolvido o Kit Comprimento de Flambagem, apresentado na Figura 6.

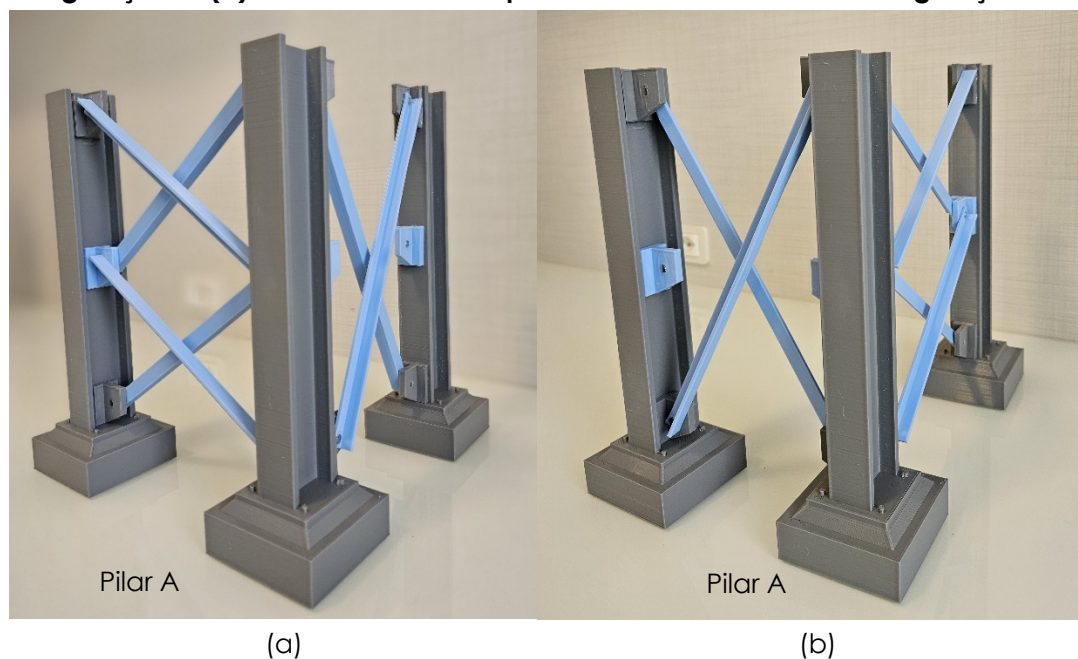
Trata-se de um kit interativo que inclui cantoneiras de dois comprimentos (15 cm e 20 cm), utilizadas para representar as barras de contraventamento de um

pilar. Para a conexão entre as barras, foram modelados consoles em formato trapezoidal, posicionados nas extremidades e na seção central do pilar. Ímãs de neodímio, com 4 mm de diâmetro, foram inseridos nas extremidades das cantoneiras e no ponto central dos consoles, permitindo a montagem de diferentes disposições de contraventamento.

As Figuras 6(a) e 6(b) apresentam dois arranjos de contraventamento para o pilar analisado (identificado como “Pilar A”). Denotando por “L” o comprimento total do pilar, obtêm-se os seguintes comprimentos destravados:

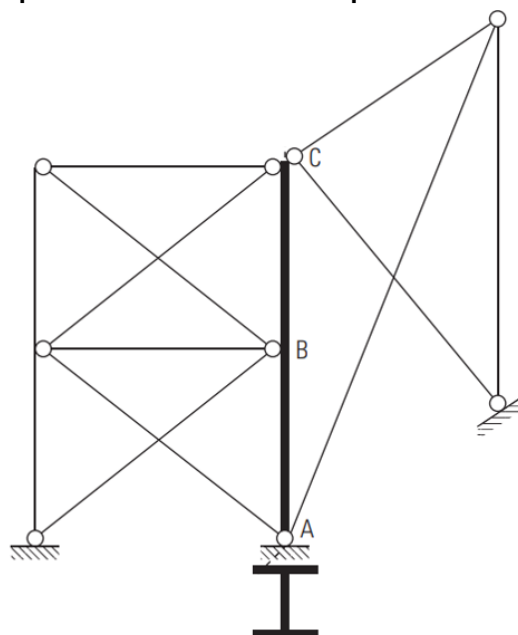
- **Configuração 1** (Figura 6(a)): $L/2$ para flambagem em torno do eixo de menor inércia e L para flambagem em torno do eixo de maior inércia;
- **Configuração 2** (Figura 6(b)): L para flambagem em torno do eixo de menor inércia e $L/2$ para flambagem em torno do eixo de maior inércia.

Figura 6 – Kit Comprimento de Flambagem. (a) Pilar A com os comprimentos destravados na configuração 1. (b) Pilar A com os comprimentos destravados na configuração 2



Fonte: elaborada pelos autores.

Ressalta-se que este kit foi inspirado em um exemplo proposto por Fakury, Castro e Silva e Caldas (2017), reproduzido na Figura 7. A configuração mostrada na Figura 6(a) corresponde diretamente ao exemplo teórico e contribui para a visualização e interpretação do problema.

Figura 7 – Exemplo motivador do Kit Comprimento de Flambagem

Fonte: Adaptada de Fakury, Castro e Silva e Caldas (2017).

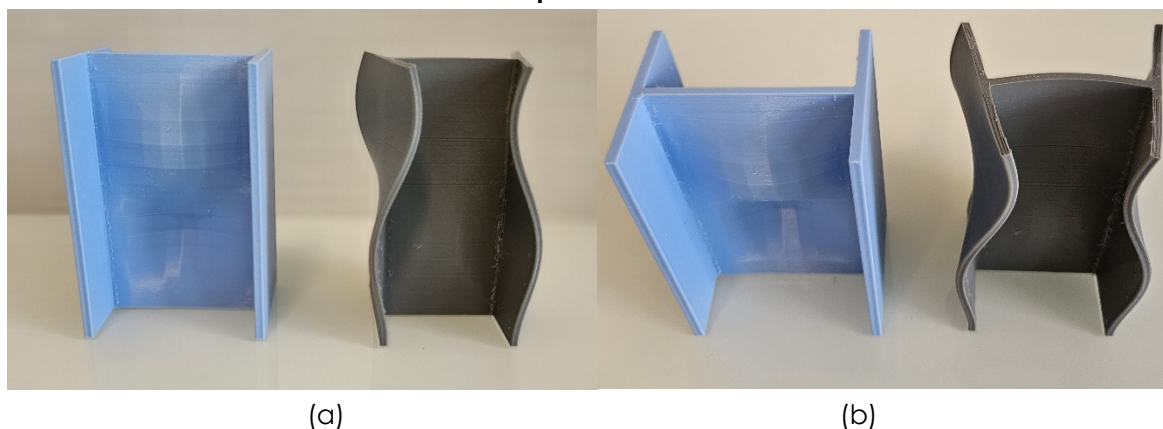
Kit Flambagem Local

Este kit apresenta dois modos de flambagem local em uma barra comprimida com seção I duplamente simétrica: flambagem local da mesa (FLM) e flambagem local da alma (FLA). A configuração deformada típica da flambagem local, caracterizada pela formação de múltiplas semiondas longitudinais, possui geometria complexa, o que dificulta sua representação por meio de modelagem geométrica simplificada.

Para reproduzir adequadamente esse comportamento, foi realizada uma análise por elementos finitos no *software* ANSYS, a partir da qual se obteve a configuração deformada correspondente aos fenômenos FLM e FLA. Essa geometria foi exportada no formato *.igs* e, em seguida, importada para o Autodesk Fusion, em que os modelos finais no formato *.stl* foram gerados.

A Figura 8 apresenta os modelos confeccionados para os modos FLA e FLM. Observa-se, em ambos os casos, a clara visualização das semiondas desenvolvidas na alma e na mesa, bem como a manutenção da posição média do eixo longitudinal do segmento de barra modelado.

Figura 8 – Kit Flambagem Local: FLA (em azul) e FLM (em cinza). (a) Vista frontal. (b) Vista superior.



Fonte: elaborada pelos autores.

Roteiro para utilização em sala de aula

Como exemplo de aplicação possível dos kits desenvolvidos, apresenta-se a seguir um roteiro simplificado para sua utilização no estudo da flambagem de elementos estruturais em aço, tendo como livro-texto a obra de Fakury, Castro e Silva e Caldas (2017). Os tópicos a seguir relacionam os kits a seções específicas da referência citada:

1. Seção 7.2.3.2: “Valor da força axial de flambagem elástica – Seção duplamente simétrica”: neste momento, o Kit Perfil I pode ser utilizado para ilustrar os deslocamentos associados aos modos de flambagem por flexão em torno dos eixos de maior e menor inércia. Desse modo, os estudantes podem visualizar tridimensionalmente os fenômenos apresentados na Figura 7.6 do livro-texto;
2. Seção 7.2.3.2: “Valor da força axial de flambagem elástica – Seção monossimétrica”: neste caso, o Kit Perfil U pode ser empregado para auxiliar a compreensão da Figura 7.10 do livro-texto. Em particular, a visualização da flambagem por flexo-torção é significativamente facilitada pelo uso dos modelos didáticos;
3. Seção 7.3: “Flambagem local”: para o estudo desta seção, o Kit Flambagem Local pode ser utilizado para visualizar as semiondas associadas à flambagem local, servindo de apoio à interpretação da Figura 7.18 do livro-texto;
4. Seção 7.8.1: “Exemplo de aplicação – Verificação de pilar em perfil I soldado”: neste exemplo, ilustrado na Figura 6 do presente trabalho, propõe-se a verificação de um pilar sujeito a condições de contorno



distintas em dois planos. Para auxiliar a identificação dos comprimentos destravados associados a cada modo de flambagem, pode-se utilizar o Kit Comprimento de Flambagem. Ressalta-se que a configuração do kit apresentada na Figura 5(a) deste trabalho corresponde ao exemplo proposto no livro-texto. Ao permitir o manuseio do kit pelos estudantes, o docente pode explorar diferentes posicionamentos dos contraventamentos e, conseqüentemente, avaliar distintas condições de travamento do pilar.

CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento de modelos estruturais didáticos, produzidos por manufatura aditiva, para o estudo de diferentes modos de flambagem abordados em disciplinas de Engenharia de Estruturas. Foram elaborados quatro kits de modelos reduzidos, contemplando a flambagem por flexão em seções duplamente simétricas, a flambagem por flexão e por flexo-torção em seções monossimétricas, a visualização do comprimento destravado em pilares e a flambagem local em perfis I. Os resultados evidenciam que os modelos permitem uma visualização clara das configurações deformadas associadas a cada modo, facilitando a compreensão de fenômenos que envolvem grandezas com diferentes orientações no espaço.

A clareza na representação das configurações deformadas proporcionada pelos modelos didáticos é especialmente relevante, pois a compreensão dos fenômenos de flambagem depende, em grande medida, da capacidade de visualização tridimensional dos estudantes. A possibilidade de manipulação direta dos modelos, especialmente no caso do kit interativo de comprimento de flambagem, favorece a associação entre conceitos teóricos e sua representação física, contribuindo para um processo de aprendizagem mais intuitivo e significativo.

A principal contribuição deste trabalho para a área de Ensino de Engenharia consiste na proposição de um conjunto de modelos didáticos de baixo custo, replicáveis e de fácil utilização, que exploram o potencial da impressão 3D para tornar o estudo da flambagem mais visual e acessível, enriquecendo o processo de ensino-aprendizagem em engenharia de estruturas.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro ao projeto que deu origem a este trabalho, no âmbito da Chamada CNPq nº 31/2023 – *Meninas nas Ciências Exatas, Engenharias e Computação*, processo 440426/2024-3.

REFERÊNCIAS

- BRADFORD, M. A. Lateral-distortional buckling of steel I-section members. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 23, p. 97–116, 1992.
- CHILIBAN, M.-B.; GIURCA, M. C.; INTA, M. Enhanced spatial visualization of internal features through a sectioned, 3D-printed instructional model. **Acta Universitatis Cibiniensis. Technical Series**, v. 77, n. 1, p. 20–26, 2025.
- CRAIG, R. R. **Mechanics of Materials**. John Wiley & Sons, 2011.
- FAKURY, R. H.; CASTRO E SILVA, A. L. R.; CALDAS, R. B. **Dimensionamento de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto**. São Paulo: Pearson, 2017.
- FORD, S.; MINSHALL, T. Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. **Additive Manufacturing**, v. 25, p. 131–150, 2019.
- NAGY-KONDOR, R. Gender differences in spatial visualization skills of engineering students. **Annales Mathematicae et Informaticae**, v. 46, p. 265–276, 2016.
- OLIVEIRA, M. S. **Modelo estrutural qualitativo para pré-avaliação do comportamento de estruturas metálicas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2008.
- ONISAKI, H. H. C.; VIEIRA, R. M. B. Impressão 3D e o desenvolvimento de produtos educacionais. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 5, n. 10, p. 128–137, 2019.
- SORBY, S. A. Developing 3D spatial skills for engineering students. **Australasian Journal of Engineering Education**, v. 13, n. 1, p. 1–11, 2007.
- VLASOV, V. Z. **Pieces longues en voiles minces**. 10. ed. Tradução de G. Smirnov. Paris: Eyrolles, 1962.