ANÁLISE DA INSTABILIDADE LOCAL DE VIGAS I EM AÇO INOXIDÁVEL COM ABERTURA CIRCULAR NA ALMA

Rafaela Brito Loverde (PIBIC/UEM), Felipe Piana Vendramell Ferreira (Orientador), Alexandre Rossi (Coorientador). E-mail: ra138400@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Engenharia Civil, Estruturas / Estruturas Metálicas.

Palavras-chave: Vigas com aberturas circulares, Aço inoxidável, Análise numérica.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise experimental e numérica de colunas de seção I com aberturas circulares na alma, analisando a estabilidade local na região dos alvéolos, via simulações numéricas realizadas utilizando o software Abaqus. Foram desenvolvidos modelos numéricos considerando propriedades mecânicas, geometria, condições de contorno, tensões residuais e imperfeições geométricas, validados por comparação com os resultados experimentais. Em seguida, foi realizada a modelagem com variações do comprimento L (600 e 850) e também variações do raio circular do alvéolo (100 e 300). A validação foi observada por meio de curvas carga x deslocamento, em que foi analisado uma certa discrepância entre os modelos numéricos e experimentais, mas de maneira geral, os modelos numéricos apresentaram maior rigidez inicial e algumas diferenças após a carga máxima.

INTRODUÇÃO

O aço inoxidável passou a ter sua aplicação ampliada sendo empregado no setor da construção civil a partir da década de 1950 (Feng *et al.* 2020, um de seus maiores benefícios é o desempenho satisfatório em ambientes agressivos e a baixa demanda por manutenção. O comportamento de um elemento estrutural é definido pela resistência, pelas deformações e pela estabilidade (HIBBELER, 2010).

Buscando uma maior otimização estrutural com uma menor quantidade de material empregado, foram desenvolvidas as vigas alveolares, vigas estas, que apresentam aberturas circulares em sua alma, fornecendo vantagens como: eficiência estrutural com funcionalidade arquitetônica e compatibilidade com instalações prediais; redução do peso próprio da estrutura; obtenção de maiores vão (relação resistência/peso).

O projeto tem como objetivo analisar o comportamento estrutural de vigas alveolares de aço inoxidável, com ênfase na região dos alvéolos, dando ênfase em analisar as instabilidades nas regiões dos alvéolos.

Figura 1 – Exemplo da viga estrutura que será estudada



a) Esquema do elemento investigado

b) Instabilidade local no elemento

Fonte: Ye et al. (2025)

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido por meio do software ABAQUS, com base nos ensaios experimentais, por meio da variação das dimensões da seção I e da abertura circular na alma, que compreenderam 4 modelagens diferentes. Foram modeladas as geometrias com enrijecedores nas extremidades, simulando as condições de apoio e carregamento axial.

Para o desenvolvimento de cada modelo numérico, as seguintes etapas foram seguidas: geometria, modelos construtivos, condições de contorno, discretização, e por último, processamento e análises dos resultados.

A validação dos modelos foi feita por análises das curvas carga x deslocamento. Onde foi possível observar seu desempenho em relação ao modelo experimental e numérico.

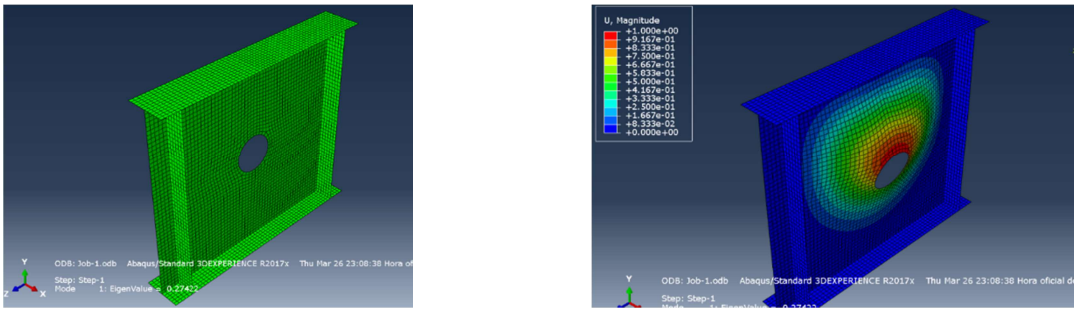
Figura 2 – Variação do diâmetro da abertura circular na alma da viga.



a) Abertura circular de diâmetro 100.

b) Abertura circular de diâmetro 300.

Figura 3 – Distribuição de deslocamentos na viga com abertura circular.



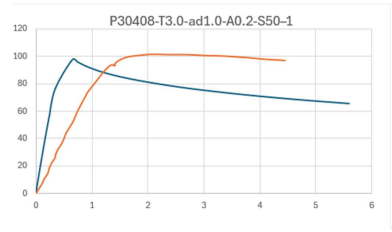
a) Imagem do modelo

b) Imagem do resultado.

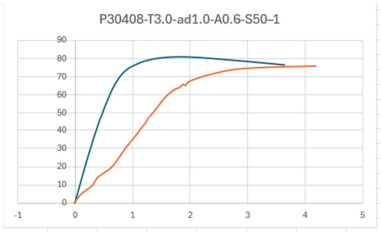
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quatro vigas observadas foram, P 30408-T3.0-ad 1.0-A0.2-S50-1, P30408-T3.0-ad1.0-A0.6-S50–1, P30408-T3.0-ad1.0-A0.6-S100–1, P30408-T3.0-ad1.5-A0.6-S100–1. É possível analisar pelas imagens, que a quarta viga foi a que obteve mais sucesso ao ser reproduzida, no início, as quatro apresentaram comportamentos semelhantes ao modelo experimental, mas as três primeiras apresentaram uma discrepância após a carga máxima.

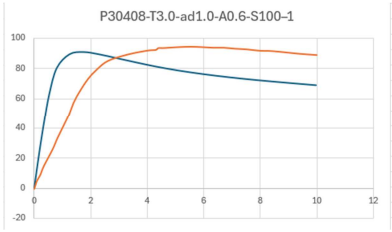
Figura 2 - Comparação entre as curvas carga × deslocamento experimental e numérica.



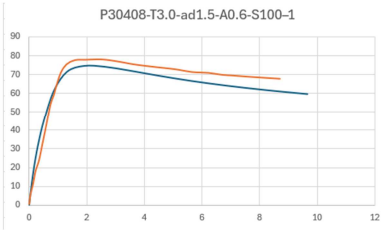
a) Curva 1



b) Curva 2



c) Curva 3



d) Curva 4

REFERÊNCIAS

DASSAULT SYSTÈMES SIMULIA CORP. *Abaqus 6.17 documentation*. Providence, RI: Dassault Systèmes, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800:2024** – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações. Rio de Janeiro, 2024.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1993-1-13:2024** – Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-13: Beams with large web openings. Brussels, 2024.

CHEN, B.; WANG, Y.; XU, D.; YUAN, H.; YAN, L. Finite element analysis and proposed design rules for 304D high-strength stainless steel I-shaped members in shear. *Journal of Constructional Steel Research*, v. 204, 2023. DOI: 10.1016/j.jcsr.2023.107861.

FENG, R.; TANG, C.; ROY, K.; CHEN, Z.; CHEN, B.; LIM, J. B. P. An experimental study on stress concentration factors of stainless steel hybrid tubular K-joints. *Thin-Walled Structures*, v. 157, 2020. DOI: 10.1016/j.tws.2020.107064.

SUN, Y.; LIANG, Y.; ZHAO, O. Local–flexural interactive buckling behaviour and resistances of high-chromium stainless steel slender welded I-section columns. *Engineering Structures*, v. 220, 2020. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.111022.

DURIF, S.; BOUCHAÏR, A.; VASSART, O. Experimental tests and numerical modeling of cellular beams with sinusoidal openings. *Journal of Constructional Steel Research*, v. 82, p. 72–87, 2013. DOI: 10.1016/j.jcsr.2012.12.003.

DE CARVALHO, A. S.; ROSSI, A.; MARTINS, C. H. Assessment of lateral–torsional buckling in steel I-beams with sinusoidal web openings. *Thin-Walled Structures*, v. 175, 1 jun. 2022. DOI: 10.1016/j.tws.2022.109198.

YE, Q.; NIE, H.; CHEN, B.; WANG, Y.; LU, P.; DAI, P.; HAI, L. Local buckling behaviour of welded stainless steel I-beams with perforated webs. *Thin-Walled Structures*, v. 212, p. 113201, jul. 2025. DOI: 10.1016/j.tws.2025.113201.