

II SPEC

Simpósio de Pós-graduação em Engenharia Civil
Uberlândia, Minas Gerais, Brasil
Março, 2024

AVALIAÇÃO NUMÉRICA DA COMPRESSÃO AXIAL DE PERFIS DE AÇO ALVEOLARES COM FLANGES TUBULARES

Numerical Evaluation of Axial Compression of Alveolar Steel

Profile with Tubular Flanges

Leonardo André Rossato^{*a}, Alexandre Rossi^b e Carlos Humberto Martins^c

^a Universidade Estadual de Maringá, E-mail: pg404433@uem.br

^b Universidade Federal de Uberlândia, E-mail: alexandre-rossi@ufu.br

^c Universidade Estadual de Maringá, E-mail: chmartins@uem.br

*Autor correspondente

RESUMO

A proposta do estudo é investigar perfis alveolares de aço com flanges tubulares preenchidas de concreto de alta resistência, visando analisar sua resposta estrutural sob cargas de compressão axial. A fabricação desses perfis a partir de um único corte na alma permite a criação de estruturas mais altas e com melhor relação resistência-peso em comparação com os perfis originais. Estruturas tubulares preenchidas com concreto apresentam vantagens mecânicas e construtivas. A proposta é realizar uma análise paramétrica abrangente, utilizando 18 geometrias diferentes, variando o comprimento e propriedades dos materiais, considerando imperfeições geométricas iniciais, empregando aços das classes de resistência S355 e S460, e concreto C50-60-70. Com 1296 análises numéricas no *software* ABAQUS, será possível avaliar o comportamento dos perfis sob compressão axial e comparar resultados com métodos analíticos existentes. Espera-se observar a influência da resistência mecânica dos materiais e forma de introdução do carregamento na resposta final.

Palavras-chave: Perfis Alveolares. Estruturas Tubulares Preenchidas de Concreto. Método dos elementos finitos.

ABSTRACT

The study aims to investigate alveolar steel profile with high-strength concrete-filled tubular flanges, aiming to analyze their structural response under axial compression loads. The manufacturing of these sections from a single cut in the web allows the creation of taller structures with a better strength-to-weight ratio compared to the original sections. Concrete-filled tubular structures present mechanical and construction advantages. The proposal is to conduct an extensive parametric analysis, using 18 different geometries varying the length and material properties, considering initial geometric imperfections, employing steels from S355 and S460 strength classes, and concrete with a strength of C50-60-70. With 1296 numerical analyses in the ABAQUS software, it will be possible to assess the behavior of the sections under axial compression and compare results with existing analytical methods. The aim is to observe the influence of material mechanical strength and the loading introduction method on the final response.

Keywords: Alveolar Profile; Concrete-filled Steel Tubular; Finite Element Method.

1. INTRODUÇÃO

Perfis alveolares fabricadas a partir de um único corte na alma possibilitam a produção de perfis mais altos e com melhor razão resistência-peso se comparados aos perfis de origem. Além disso, reduzem o uso de matéria-prima, promovendo sustentabilidade (De Oliveira *et al.*, 2022; De Oliveira *et al.*, 2023; Ferreira; Rossi; Martins, 2019; Panedpojaman; Sae-Long; Thepchatri, 2021).

De acordo com Han *et al.* (2014), estruturas tubulares preenchidas de concreto também apresentam vantagens do ponto de vista mecânico e construtivo. Dessa maneira, o estudo proposto é uma análise estrutural de perfis de aço com aberturas na alma e flanges tubulares preenchidas de concreto de alta resistência submetidos a cargas de compressão axial.

Estruturas de maior esbeltez tendem a sofrer instabilidades, o preenchimento em concreto tende a retardar essas instabilidades, entretanto é necessário avaliar e mensurar esses efeitos. Tendo em vista a importância de se entender o comportamento estrutural de perfis alveolares com flanges tubulares preenchidas de concreto, um amplo estudo paramétrico é proposto, por meio de análise numérica no *software* comercial de elementos finitos ABAQUS. O estudo será realizado com 18 geometrias distintas, em uma ampla gama de comprimentos e propriedades dos materiais, além disso, serão consideradas as imperfeições iniciais geométricas. No total, 1296 análises numéricas são consideradas, sendo possível avaliar o comportamento dos perfis e comparar os resultados obtidos com os principais procedimentos analíticos existentes, tanto para a determinação da carga crítica, quanto para a capacidade resistente axial.

2. METODOLOGIA

Para a realização do estudo de flambagem, a análise de perturbação linear *buckle* presente na biblioteca do *software* será empregada. Por meio deste tipo de análise é realizada a determinação de autovalores e autovetores que correspondem à carga crítica de flambagem e à configuração deformada da estrutura, respectivamente. Esse tipo de análise é usualmente empregada para a estimativa de cargas críticas de flambagem (ponto de bifurcação do equilíbrio) de estruturas rígidas e, portanto, é perfeitamente adequada aos objetivos do trabalho. Já para a análise de pós-flambagem, será considerado o procedimento iterativo de cálculo *static*, *Riks*. Nessa etapa são incluídas as imperfeições iniciais no modelo, bem como as não

linearidades: física (comportamento de plasticidade) e geométrica (efeitos de segunda ordem). Dessa maneira, a **Fig. 1** ilustra o procedimento metodológico.

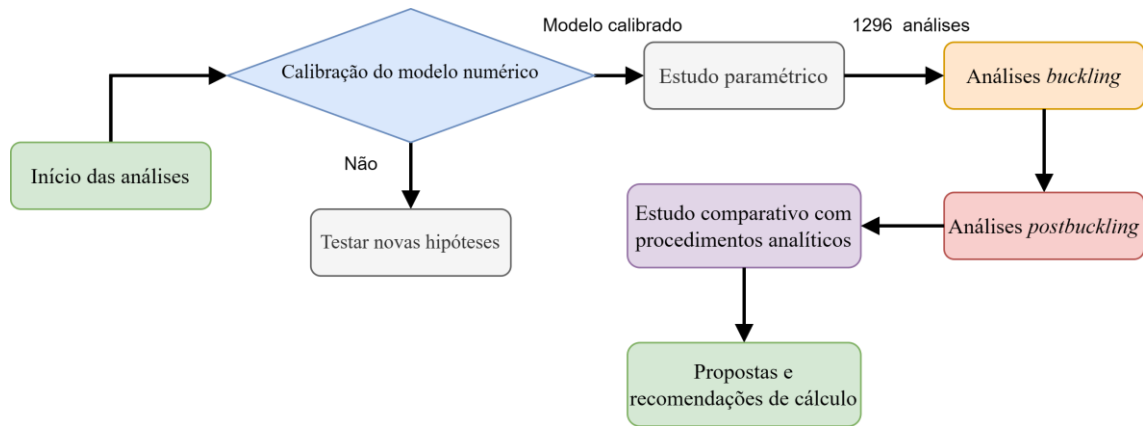


Fig. 1: Fluxograma

Alguns pontos gerais sobre o modelo numérico são explicitados a seguir. Os modelos foram criados de modo a possibilitar a análise de um amplo espectro de variáveis. Dentre as variáveis da seção transversal são analisados o efeito da alteração em: diâmetro do tubo (D), comprimento do perfil (L), espessura do tubo (t_1) e da alma (t_2). O efeito da mudança das propriedades dos materiais também será analisado, considerando as classes de resistência S355-460 para o aço, e C50-60-70 para o concreto. A **Fig. 2** apresenta as dimensões do modelo e a **Tabela 1** seus respectivos valores.

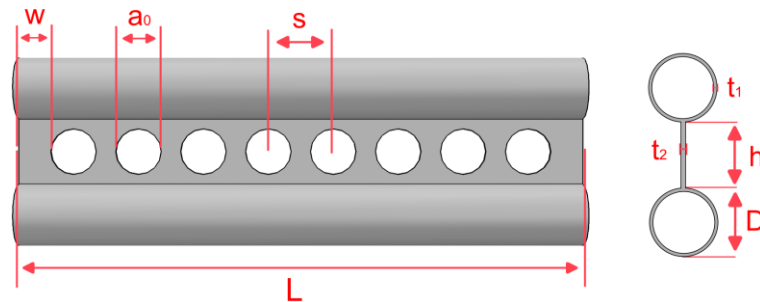


Fig. 2: Dimensões do modelo

Tabela 1: Propriedades geométricas dos perfis

ID	D, h, t_1 e t_2 (mm)	w, a_0 e s (mm)	L (mm)
D1-T1-L1	76,2 x 76 x 1,5 x 3,2	45,6 x 53,2 x 76	676,4
D2-T1-L1	152,4 x 150 x 1,5 x 4,8	120,7 x 105 x 165	676,4
D3-T1-L1	203,2 x 200 x 1,5 x 6,4	168,2 x 140 x 200	676,4
D1-T2-L1	76,2 x 76 x 4,75 x 3,2	45,6 x 53,2 x 76	676,4
D2-T2-L1	152,4 x 150 x 4,75 x 4,8	120,7 x 105 x 165	676,4
D3-T2-L1	203,2 x 200 x 4,75 x 6,4	168,2 x 140 x 200	676,4
D1-T1-L2	76,2 x 76 x 1,5 x 3,2	74,9 x 53,2 x 76	1335,0
D2-T1-L2	152,4 x 150 x 1,5 x 4,8	113,2 x 105 x 165	1335,0

D3-T1-L2	203,2 x 200 x 1,5 x 6,4	167,4 x 140 x 200	1335,0
D1-T2-L2	76,2 x 76 x 4,75 x 3,2	74,9 x 53,2 x 76	1335,0
D2-T2-L2	152,4 x 150 x 4,75 x 4,8	113,2 x 105 x 165	1335,0
D3-T2-L2	203,2 x 200 x 4,75 x 6,4	167,4 x 140 x 200	1335,0
D1-T1-L3	76,2 x 76 x 1,5 x 3,2	65,9 x 53,2 x 76	1780,0
D2-T1-L3	152,4 x 150 x 1,5 x 4,8	95 x 105 x 165	1780,0
D3-T1-L3	203,2 x 200 x 1,5 x 6,4	120 x 140 x 200	1780,0
D1-T2-L3	76,2 x 76 x 4,75 x 3,2	65,9 x 53,2 x 76	1780,0
D2-T2-L3	152,4 x 150 x 4,75 x 4,8	95 x 105 x 165	1780,0
D3-T2-L3	203,2 x 200 x 4,75 x 6,4	120 x 140 x 200	1780,0

3. RESULTADOS ESPERADOS

A utilização de material de alta resistência será importante para avaliar o comportamento de pilares mistos preenchidos. Segundo Santini e Ramires (2021) a resistência à compressão do concreto possui maior efeito comparado a tensão de escoamento do aço no aumento da resistência última do pilar misto. Ou seja, aumentar o f_{ck} contribui de maneira mais significativa para o acréscimo de resistência última do pilar do que aumentar f_y .

Um outro aspecto relevante, é de que a composição da força última, é acrescida quando há um aumento no diâmetro e na resistência mecânica do concreto, por outro lado, é reduzida quando há um aumento no diâmetro e na excentricidade (Santini; Ramires, 2021).

Espera-se observar a influência da classe de resistência analisada em conjunto com as propriedades geométricas e a forma de introdução do carregamento. Outros autores também já empregaram concreto de alta e ultra alta resistência, em estruturas tubulares preenchidas (Chen; Hou, 2018; Li *et al.*, 2018, 2021, 2022; Portolés; Serra; Romero, 2013; Xiong; Xiong; Liew, 2017a, 2017b).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHEN, M.; HOU, X. Comparative Study on the Axial Compression and Bearing Capacity of Reactive Powder Concrete-Filled Circular Steel Tube. **Advances in Materials Science and Engineering**, v. 2018, 2018.
- DE OLIVEIRA, V. M.; ROSSI, A.; FERREIRA, F. P. V.; MARTINS, C. H. Stability behavior of steel-concrete composite cellular beams subjected to hogging moment. **Thin-Walled Structures**, v. 173, 2022.
- DE OLIVEIRA, V. M.; ROSSI, A.; FERREIRA, F. P. V.; DE CARVALHO, A. S.; MARTINS, C. H. Lateral Distortional Buckling Resistance Predictions of Composite Alveolar Beams: A Review. **Buildings**, v. 13, n. 3, p. 808, 2023.
- FERREIRA, F. P. V.; ROSSI, A.; MARTINS, C. H. Lateral-torsional buckling of cellular beams according to the possible updating of EC3. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 153, 2019.
- HAN, L. H.; LI, W.; BJORHOVDE, R. Developments and advanced applications of concrete-filled steel tubular (CFST) structures: Members. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 100, 2014.
- LI, G.; CHEN, B.; YANG, Z.; FENG, Y. Experimental and numerical behaviour of eccentrically loaded high strength concrete filled high strength square steel tube stub columns. **Thin-Walled Structures**, v. 127, 2018.

- LI, G.; CHEN, B.; YANG, Z.; GE, H.; LI, X. Axial behavior of high-strength concrete-filled high-strength square steel tubular stub columns. **Advanced Steel Construction**, v. 17, n. 2, 2021.
- LI, G.; CHEN, B.; ZHU, B.; YANG, Z.; GE, H.; LIU, Y. Axially loaded square concrete-filled steel tubular long columns made of high-strength materials: Experimental investigation, analytical behavior and design. **Journal of Building Engineering**, v. 58, 2022.
- PANEDPOJAMAN, P.; SAE-LONG, W.; THEPCHATRI, T. Design of cellular beam-columns about the major axis. **Engineering Structures**, v. 236, 2021.
- PORTOLÉS, J. M.; SERRA, E.; ROMERO, M. L. Influence of ultra-high strength infill in slender concrete-filled steel tubular columns. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 86, 2013.
- SANTINI, Â. T.; RAMIRES, F. B. Comportamento experimental de pilares mistos tubulares circulares submetidos a força axial excêntrica. **Brazilian Journal of Development**, 2021.
- XIONG, M. X.; XIONG, D. X.; LIEW, J. Y. R. Axial performance of short concrete filled steel tubes with high- and ultra-high- strength materials. **Engineering Structures**, v. 136, 2017a.
- XIONG, M. X.; XIONG, D. X.; LIEW, J. Y. R. Behaviour of steel tubular members infilled with ultra high strength concrete. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 138, 2017b.