



**Marque a opção do tipo de trabalho que está inscrevendo:**

**Resumo**

**Relato de Caso**

## **ANÁLISE NUMÉRICA DE LIGAÇÕES FLEXÍVEIS EM VIGAS DE AÇO**

**AUTOR PRINCIPAL:** Fernanda de Oliveira Ribeiro

**ORIENTADOR:** Zacarias Martin Chamberlain Pravia, Dr.

**UNIVERSIDADE:** Universidade de Passo Fundo

### **INTRODUÇÃO**

Com o avanço tecnológico, novas ferramentas de análise foram desenvolvidas, viabilizando a verificação do real comportamento de ligações metálicas. Segundo o IBS (2004), o termo ligação é aplicado aos detalhes construtivos que promovem a união das partes da estrutura. As ligações influenciam no comportamento global da estrutura, conforme sua rigidez rotacional. É convencional classificá-las como flexíveis (sem transmissão do momento fletor e sem continuidade rotacional), ou como rígidas, o oposto de flexíveis. Porém esses comportamentos idealizados não ocorrem usualmente, sendo necessário incorporar um comportamento intermediário - semirrígido. Visto isso, o objetivo é analisar a rigidez rotacional de ligações flexíveis com dupla cantoneira soldada-parafusada, através de análise numérico-computacional. E avaliar a influência dos elementos de ligação através da análise comparativa de resultados já conhecidos de ligações com dupla cantoneira parafusada, esta analisada por Baruffi (2014).

### **DESENVOLVIMENTO:**

A análise numérica via Método dos Elementos Finitos, foi realizada através do *software* ANSYS *Workbench Plataform*<sup>®</sup> (versão 14.0). Inicialmente desenvolveu-se uma geometria do modelo pelo *software* AutoCAD<sup>®</sup>, para posteriormente ser importada para o ANSYS. Foi representado apenas  $\frac{1}{2}$  da geometria do modelo, pois foi analisado por simetria, e a geometria foi seccionada pelo fato de se realizar refinamento da malha em apenas algumas seções.

Na análise no ANSYS, foi utilizado o tipo "*Static Structural*", considerando características de não linearidade. Foram inseridas e aplicadas no modelo as propriedades mecânicas dos materiais, estes descritos na tabela 1 em anexo. Foram definidos os contatos entre as partes da geometria, para simular condição de atrito foi aplicado um coeficiente de 0,2 definido pela NBR 8800:2008, entre os seguintes elementos: o fuste do parafuso e o furo da cantoneira, fuste do parafuso e o furo do flange do pilar, a cabeça do parafuso e a face da cantoneira, a face da cantoneira e a face do flange do pilar, e, a porca do parafuso e a face do flange do pilar. Para efeito da solda, entre as

bordas da cantoneira e a face da alma da viga, não foi modelado o filete, mas sim, foi utilizado o contato colado - “Bonded”. Foi usado o refinamento da malha nos locais de maior relevância. Utilizou-se o elemento hexaédrico com seus respectivos tamanhos nas seguintes peças: partes da viga (6mm), parte do pilar (4mm), cantoneiras (3mm). E o elemento tetraédrico nos parafusos (2mm). As demais peças receberam malha simples de 15mm. O elemento sólido hexaédrico possui 20 nós e o tetraédrico possui 10 nós, cada nó dos elementos possuem 3 graus de liberdade translacionais nas direções x, y e z. A solução do modelo numérico resultou em uma malha com 386059 nós e 144670 elementos. Para simular as condições de contorno, foram fixados os extremos do pilar. Para simular a condição de simetria, foi restringindo deslocamento no eixo Z. O modelo foi analisado em dois tempos (2 segundos), deste modo, foi aplicada uma força na parte extrema da viga de 20950N, apenas no segundo momento. E aplicado protensão contínua de 85000N nos parafusos, conforme NBR 8800:2008. Todas as propriedades descritas tiveram como referência ao modelo analisado por Baruffi (2014).

A solução do modelo numérico em estudo resultou em um deslocamento da viga de -7,9797mm. A partir deste resultado foi possível encontrar a rigidez ( $K=1,18165e^3\text{kNm/rad}$ ) e o momento ( $M=23,8\text{kN.m}$ ) do modelo numérico, com uso do Ftool. A tabela 2 em anexo contém informações do modelo considerando a rigidez e sem considerar a rigidez, onde se obteve uma diferença de 24,28% do momento e 36,42% do deslocamento. Com os parâmetros obtidos da ligação dupla cantoneira soldada-parafusada (LDCSP), foi possível realizar a análise comparativa com a ligação dupla cantoneira parafusada (LDCP), conforme tabela 3 em anexo, onde a diferença percentual da rigidez foi de 1,58%, do momento foi de 0,25% e deslocamento de 0,47%.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Através do modelo numérico, constatou-se que a ligação com dupla cantoneira soldada-parafusada, classificada como flexível, apresentou certa rigidez e transmissão parcial do momento fletor, deste modo, apresentando um comportamento semirrígido. E através da análise comparativa das duas ligações, foi possível verificar que o comportamento de ambas as ligações pode ser considerado equivalente.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto. Rio de Janeiro, 2008.

BARUFFI, D. **Análise Numérica de Conexões Flexíveis em Vigas de Aço**. 2014. 127 f. TCC (Curso de Engenharia Civil), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. **Ligações em Estruturas Metálicas**. IBS/CBCA, Rio de Janeiro, 2004.

RIBEIRO, L. F. L. **Estudo do Comportamento de Ligações Parafusadas Viga-Coluna com Chapa de Topo: Análise Teórico Experimental**. 1998. 523 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

**NÚMERO DA APROVAÇÃO CEP OU CEUA ( para trabalhos de pesquisa)**: Número da aprovação.

## ANEXOS

Figura 1 – Representação ½ da geometria do modelo.

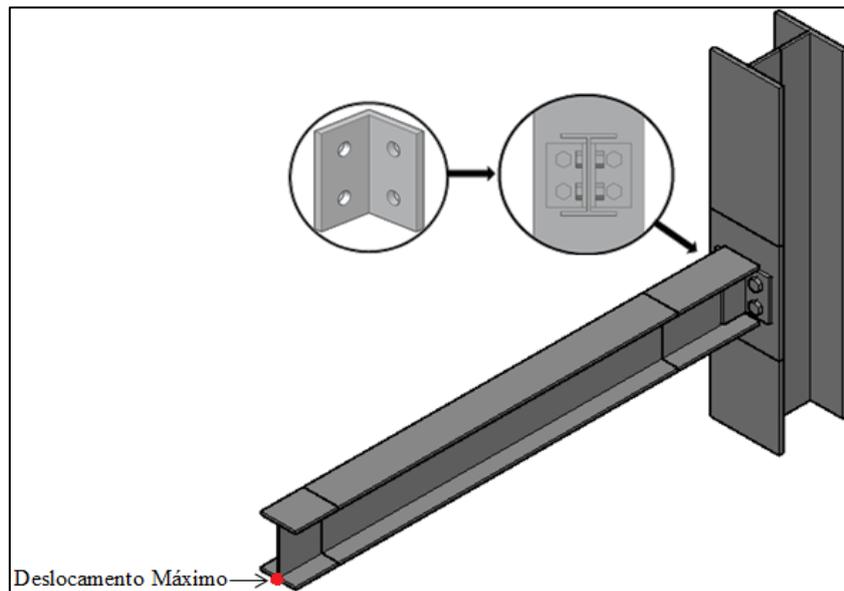


Tabela 1 – Propriedades dos materiais.

Perfil	Descrição	Material	F <sub>y</sub> (MPa)	F <sub>u</sub> (MPa)	E (GPa)	E <sub>t</sub> (GPa)
W150X18.0	Viga	ASTM A572 GR50	345	450	200	20 (10% E)
W200X46.1	Pilar	ASTM A572 GR50	345	450		
L3X3/8"	Cantoneira	ASTM A36	250	400		
PARAF.5/8"X2"	Parafuso	ASTM A325	635	825		

Tabela 2 – Comparação dos resultados em relação à rigidez – LDCSP.

Parâmetro	Considerando rigidez K=1,18165e <sup>3</sup> kNm/rad	Sem considerar rigidez	Diferença numérica	Diferença percentual
M (kN.m)	23,8	31,43	7,63	24,28%
δ (mm)	7,9797	12,5499	4,5702	36,42%

Tabela 3 – Comparação dos resultados – LDCSP x LDCP.

Ligação	Δ (mm)	M (kN.m)	K (kNm/rad)
LDCP	8,0171	23,86	1,163e <sup>3</sup>
LDCSP	7,9797	23,8	1,18165e <sup>3</sup>
≠ Numérica	0,0374	0,06	18,65
≠ Percentual	<b>0,47%</b>	<b>0,25%</b>	<b>1,58%</b>