



# Ligações em Estruturas Metálicas

MAJ MONIZ DE ARAGÃO

Generalidades

(Item 6.1 da NBR 8800/2008)

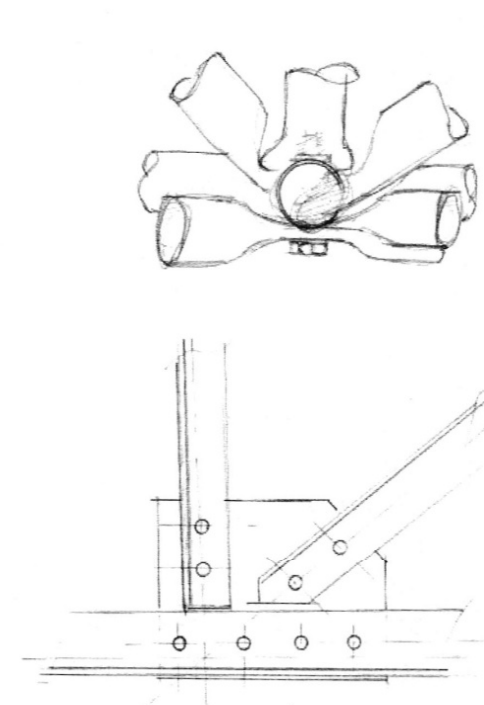
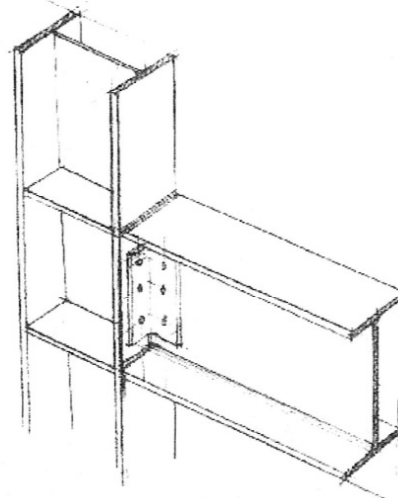
## Item 6.1 – NBR 8800 / 2008

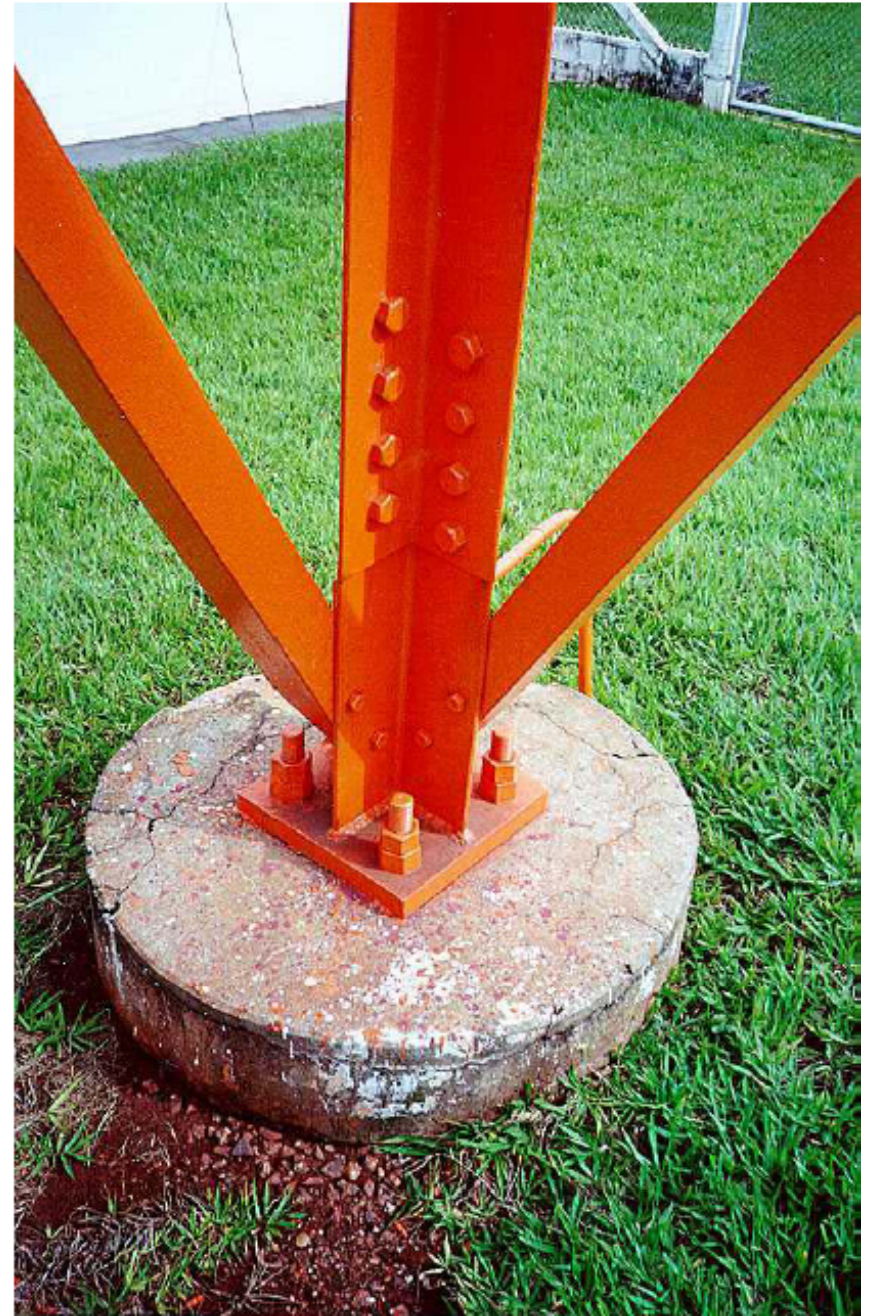
- Elementos de ligação:

- Enrijecedores;
- Chapas de Ligação;
- Cantoneiras;
- Consolos; etc

- Meios de ligação:

- Soldas;
- Parafusos;
- Barras redondas rosqueadas
- Pinos.





Ref: Notas de Aula Prof. Renato Bertolino Jr/UNESP ILHA SOLTEIRA





Ref: Notas de Aula Prof. Renato Bertolino Jr/UNESP ILHA SOLTEIRA



## Item 6.1 – NBR 8800 / 2008

Devem ser dimensionados de forma que sua resistência de cálculo seja igual ou superior à solicitação de cálculo, determinada:

$$R_{d,ult} \geq S_{d,ult} \quad \text{onde: } R_d = \frac{R_k}{\gamma_m}$$

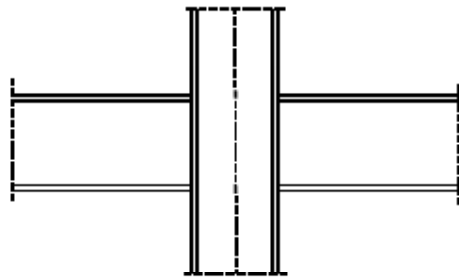
- (1) pela análise da estrutura sujeita às combinações de cálculo das ações;
- (2) como uma porcentagem especificada da resistência da barra ligada.

A resistência de cálculo pode também ser baseada em estado limite de serviço (ex: fadiga).

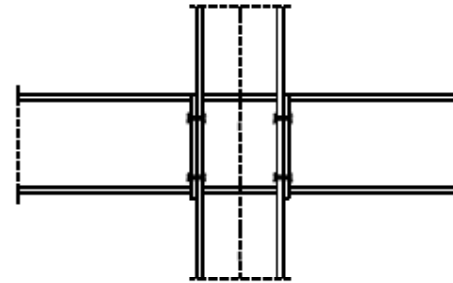
$$S_{d,ser} \leq S_{lim}$$

# NBR 8800 / 2008

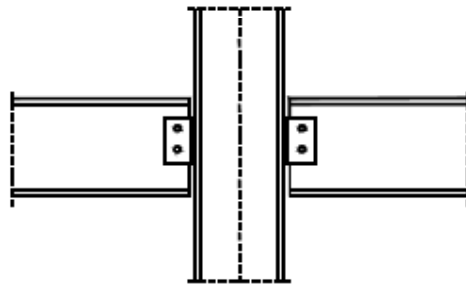
## Ligações entre viga e pilar



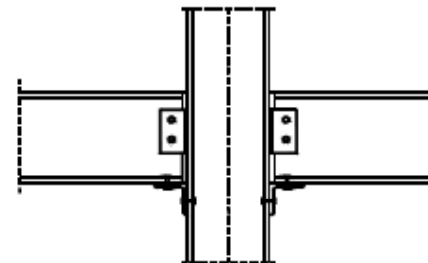
(a) Ligação totalmente soldada



(b) Ligação com chapa de topo



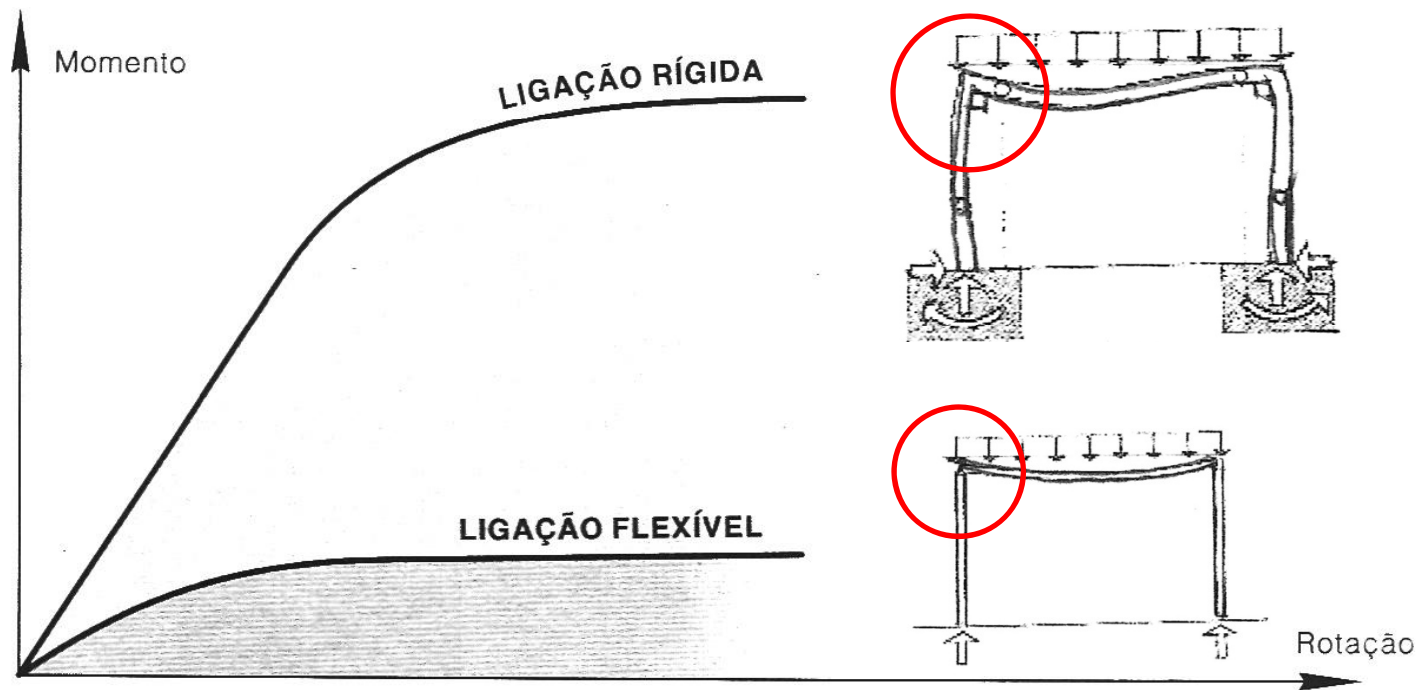
(c) Ligação com dupla cantoneira



(d) Lig. com cantoneiras de alma e assento

# NBR 8800 / 2008

## Ligações flexíveis e ligações rígidas



Para descrever o comportamento semi-rígido de uma ligação deve-se conhecer a resposta rotacional da mesma por meio de uma curva  $M-\phi$ , onde  $M$  é o momento na face do pilar e  $\phi$  é a rotação relativa entre os eixos



# NBR 8800 / 2008

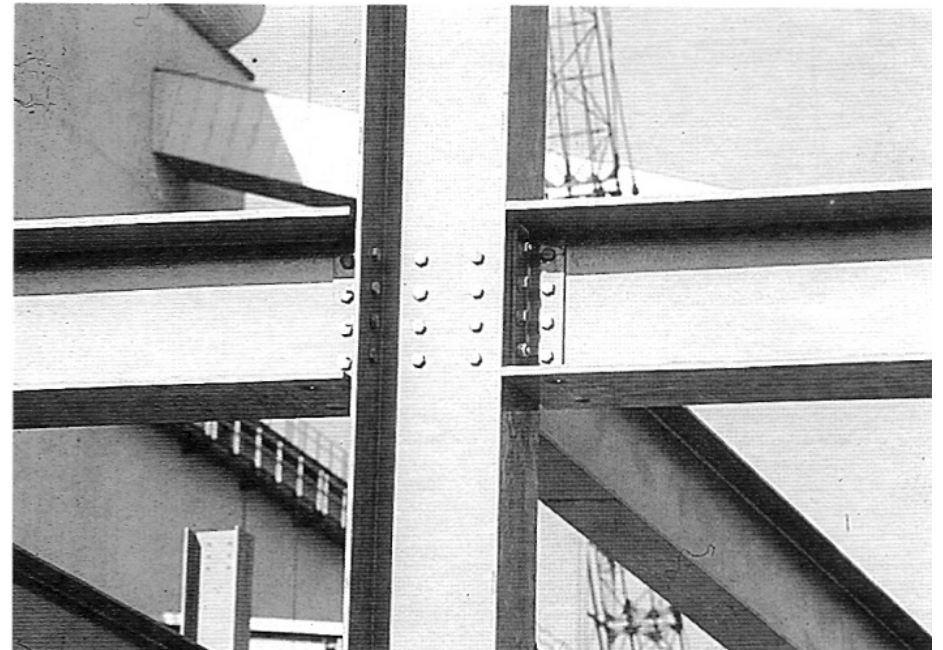
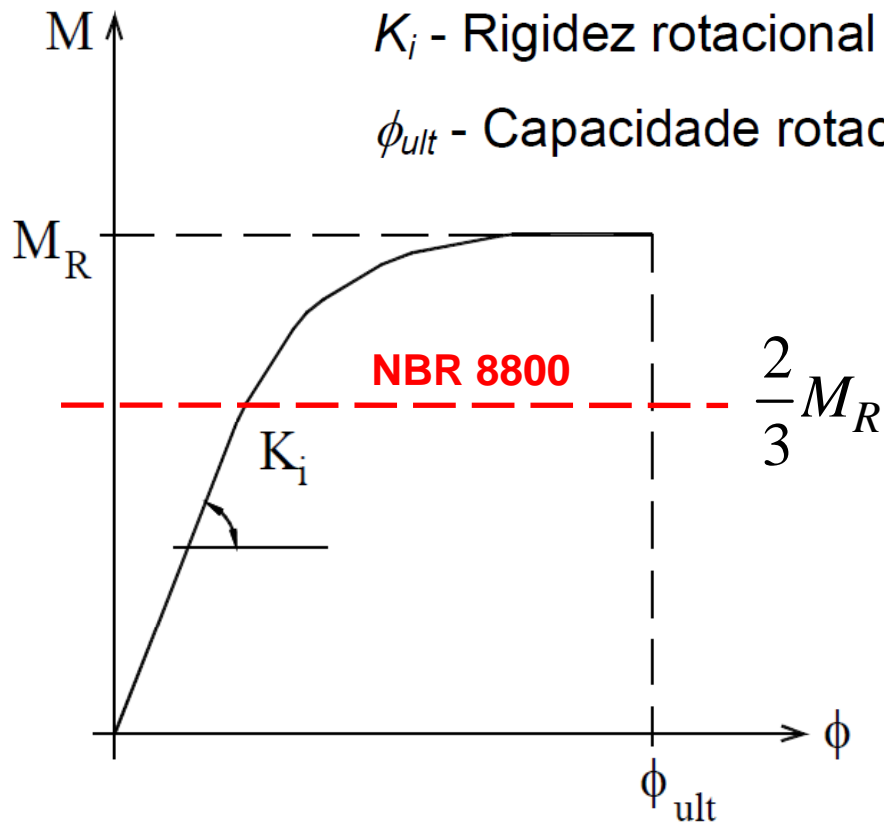
## 6.1.2 - Rigidez das ligações entre viga e pilar

O comportamento de uma ligação é caracterizado por 3 parâmetros principais:

$M_R$  - Momento resistente

$K_i$  - Rigidez rotacional na fase inicial do carregamento

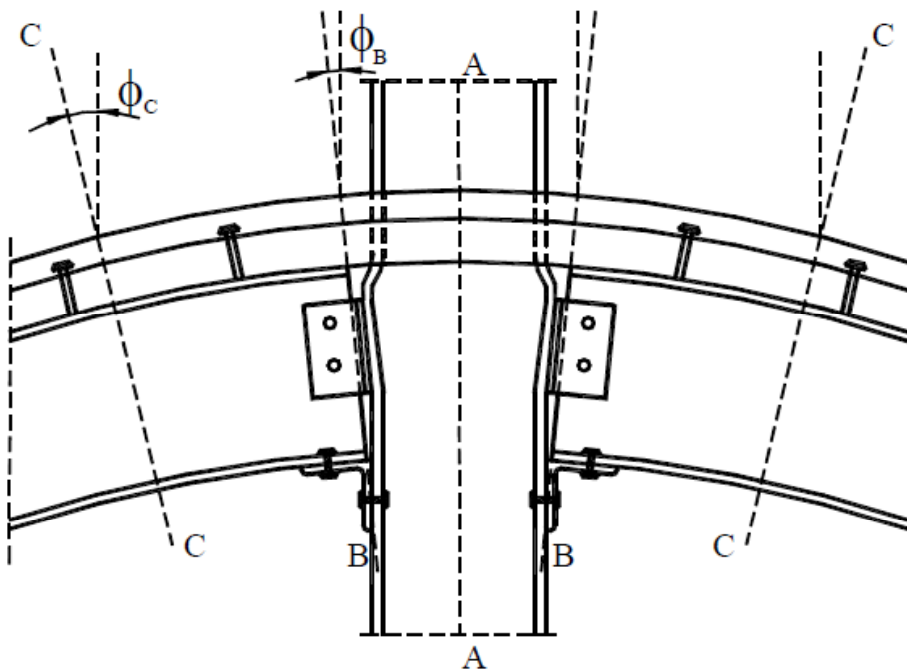
$\phi_{ult}$  - Capacidade rotacional



# NBR 8800 / 2008

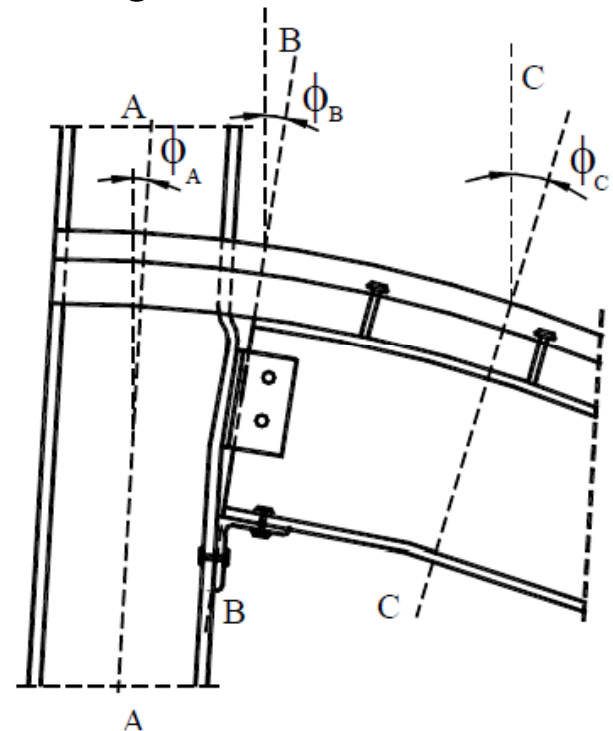
## 6.1.2 - Rigidez das ligações entre viga e pilar

carregamento balanceado



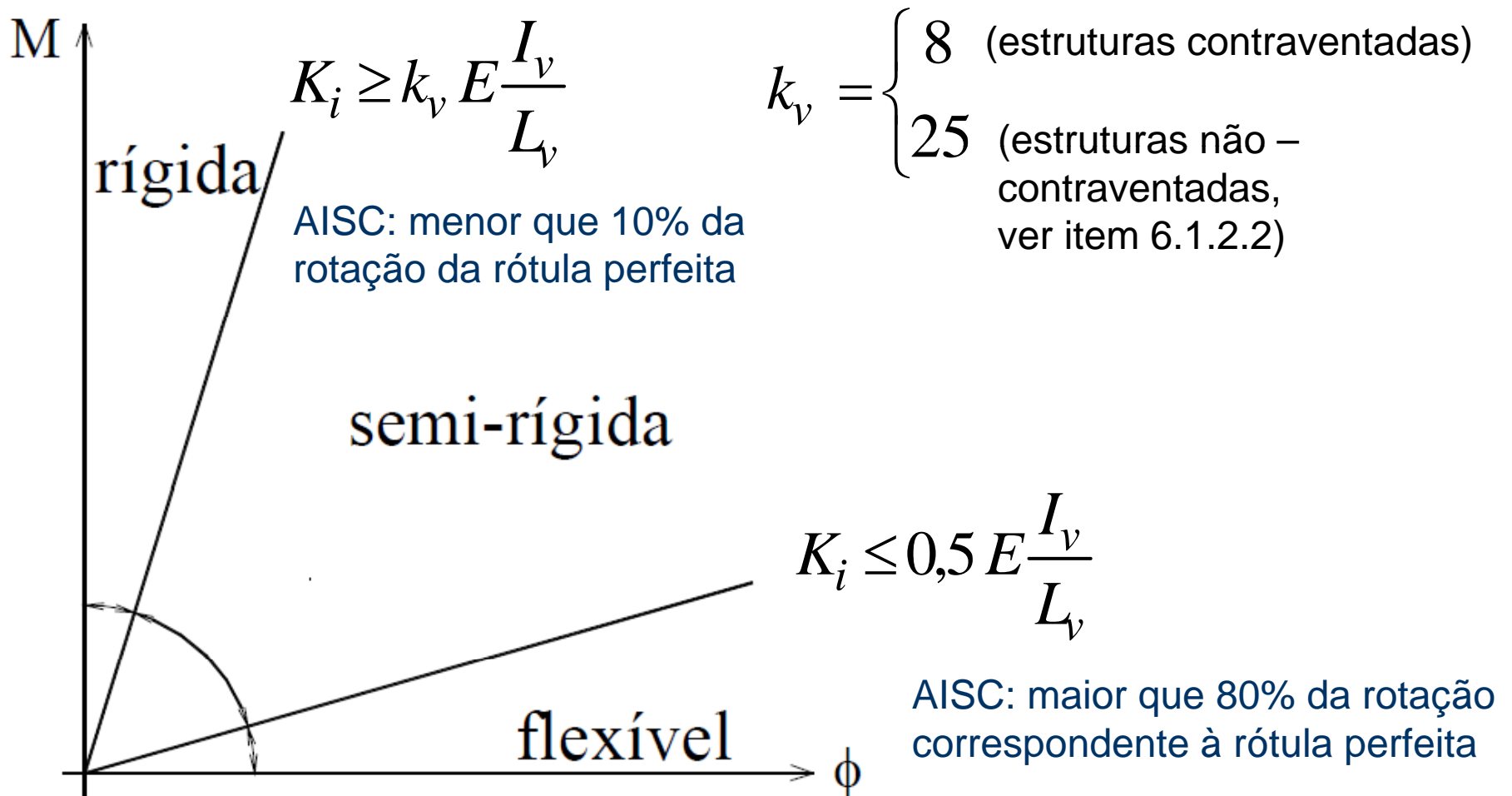
a rotação da ligação é a rotação  $\phi_B$   
medida na interface da viga com o pilar

carregamento não-balanceado



a rotação da ligação é  
 $\phi_B - \phi_A$

## 6.1.2.1 - Rigidez das ligações entre viga e pilar

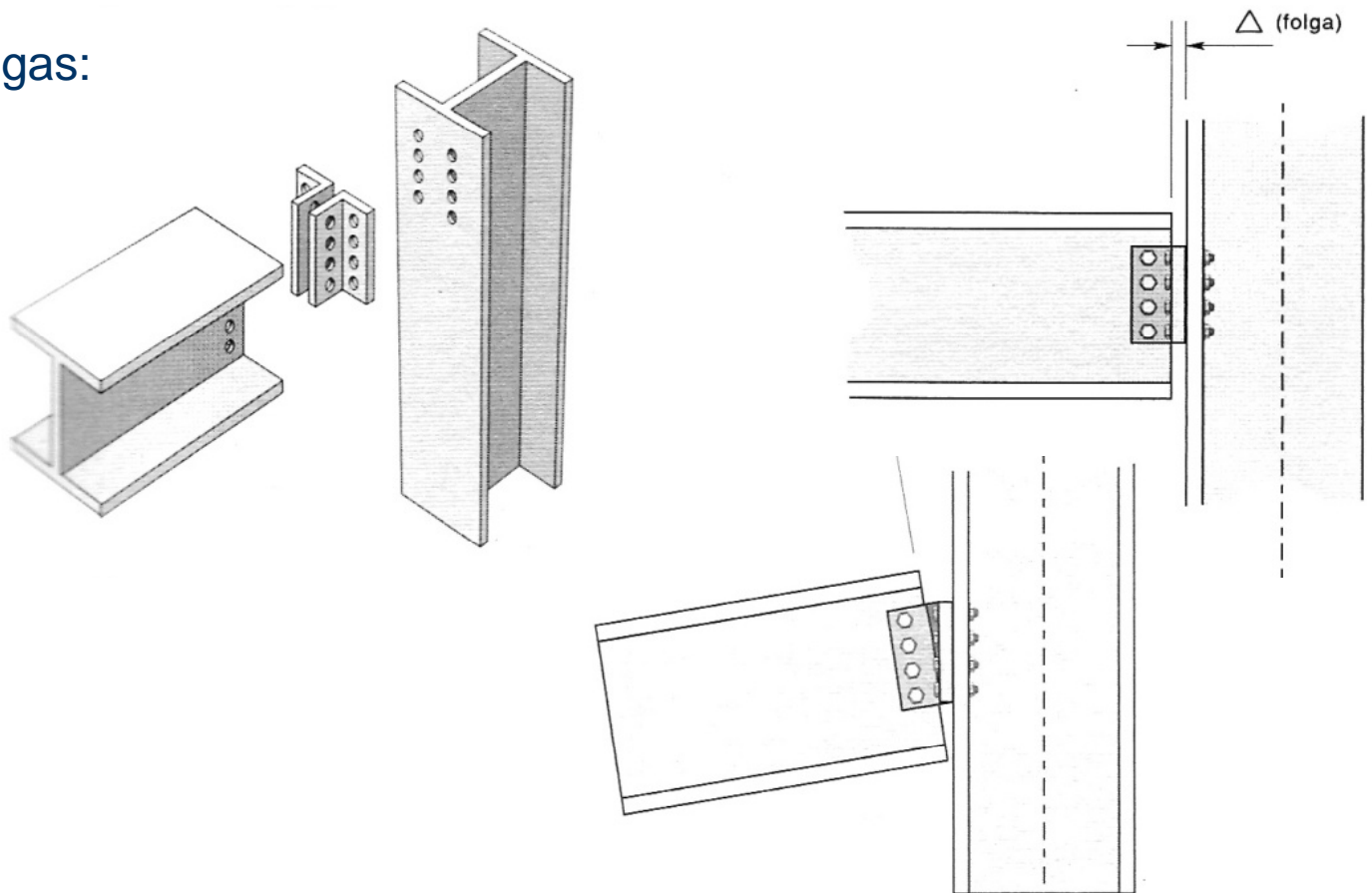




# NBR 8800 / 2008

## 6.1.3 - Barras com **ligações flexíveis** nos apoios

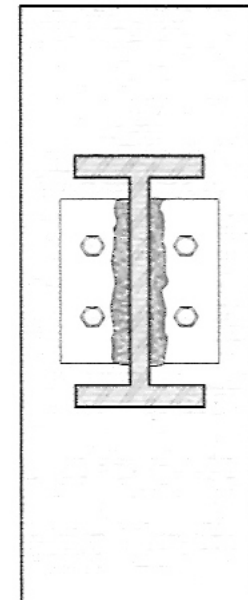
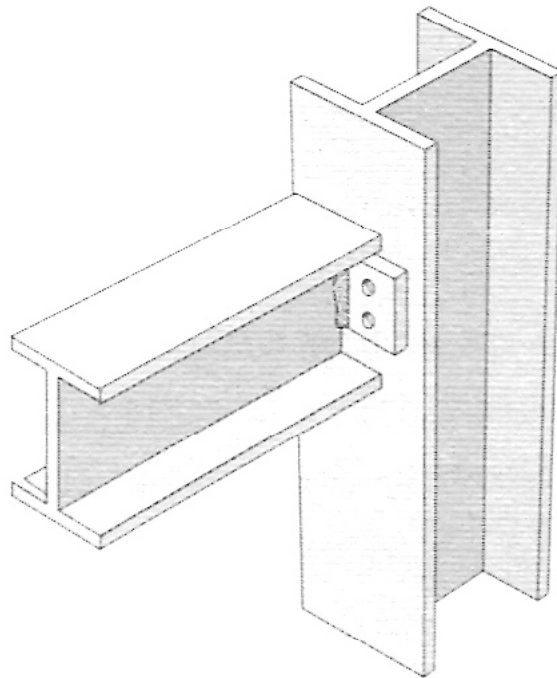
Vigas:



# NBR 8800 / 2008

## 6.1.2 - Barras com **ligações flexíveis** nos apoios (cont.)

Vigas:

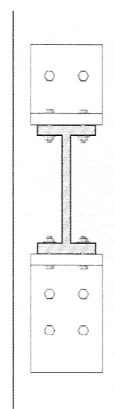


# NBR 8800 / 2008

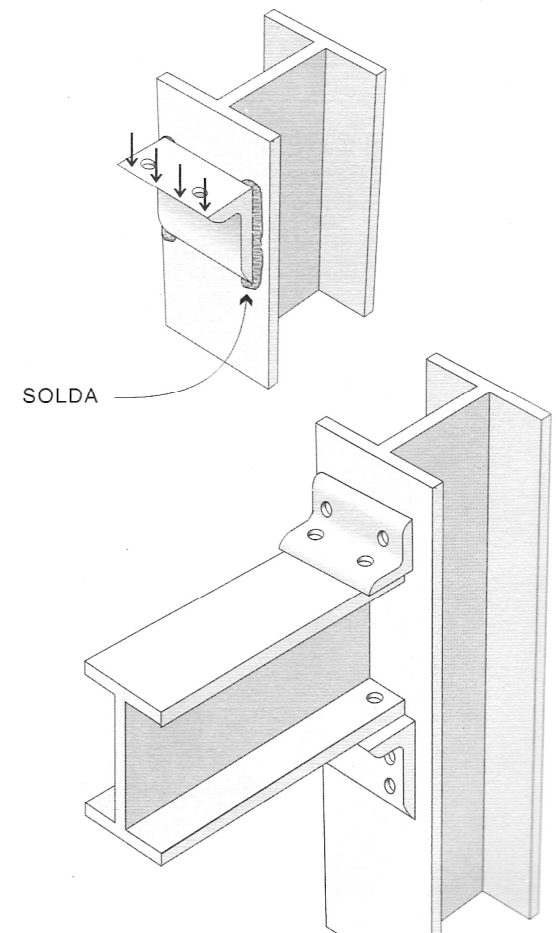
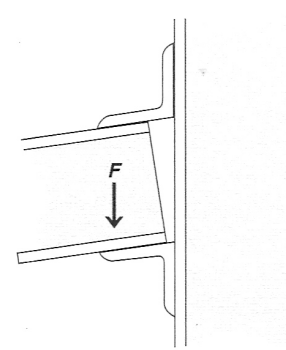
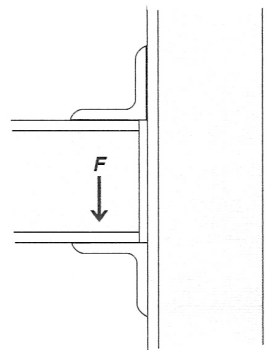
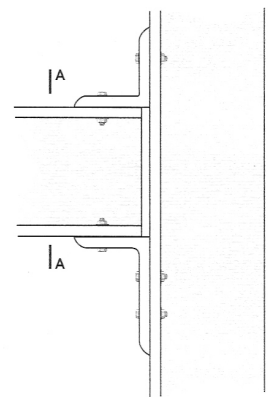
## 6.1.2 - Barras com **ligações flexíveis** nos apoios (cont.)

### 6.1.7 Impedimento de rotação nos apoios

Nos pontos de apoio, vigas e treliças devem ter rotação impedida em torno de seu Eixo longitudinal



SECÇÃO A-A





# NBR 8800 / 2008

## 7.1.2 - Barras com **ligações flexíveis** nos apoios (cont.)

Pilares:

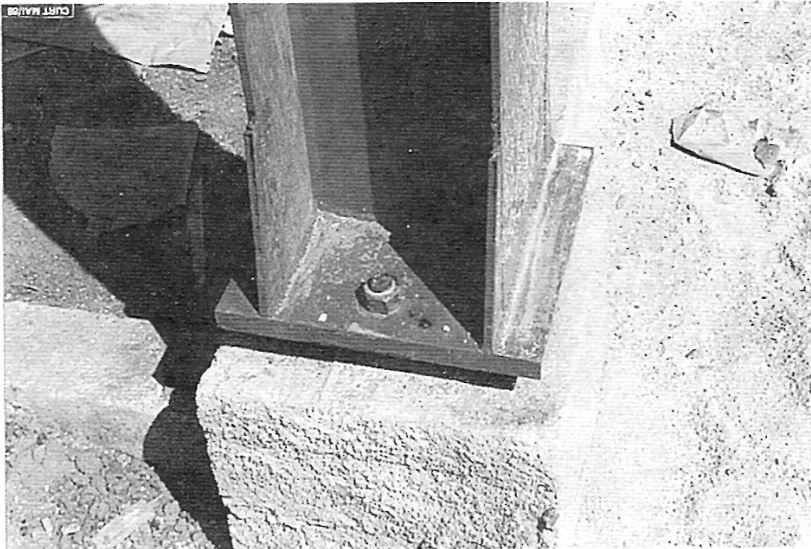
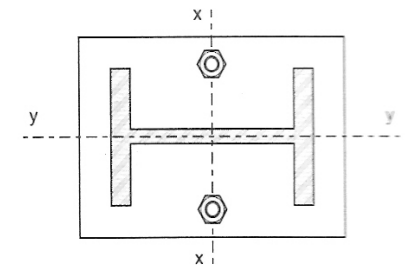
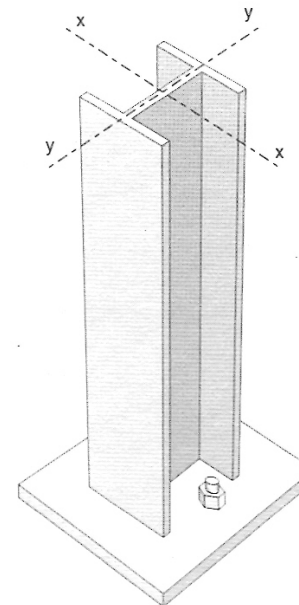


Foto do Autor

Arquivo ZIGURATE

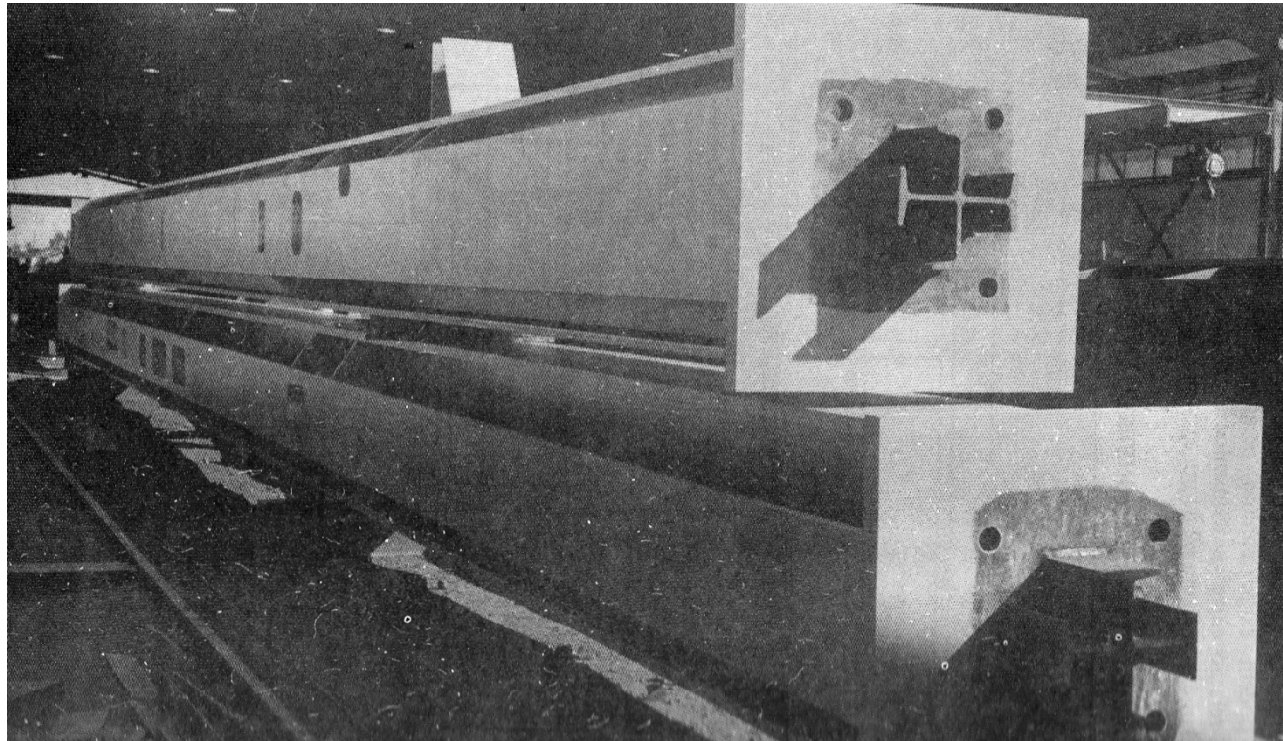
Base de pilar flexível ou articulada.



Placa de base sem nervuras.

# NBR 8800 / 2008

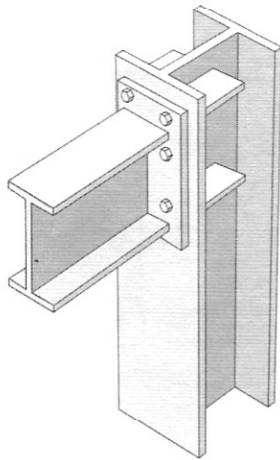
## 6.1.4 - Barras com ligações flexíveis nos apoios (cont.)



Coluna rotulada, com placa de base sem nervuras, sem chumbadores e com placas de cisalhamento.

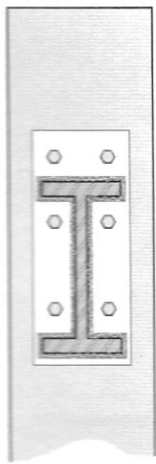
# NBR 8800 / 2008

## 6.1.4 - Barras com **ligações rígidas** ou semi-rígidas nos apoios

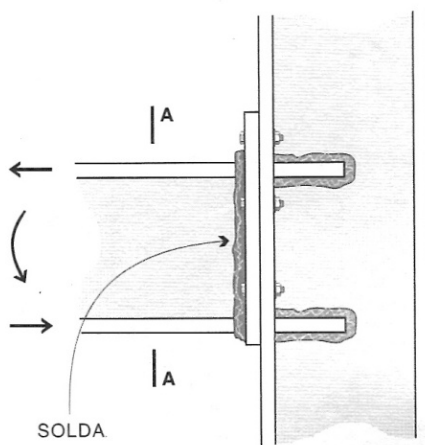


Chapa de extremidade parafusada,  
para conexão rígida viga-pilar.

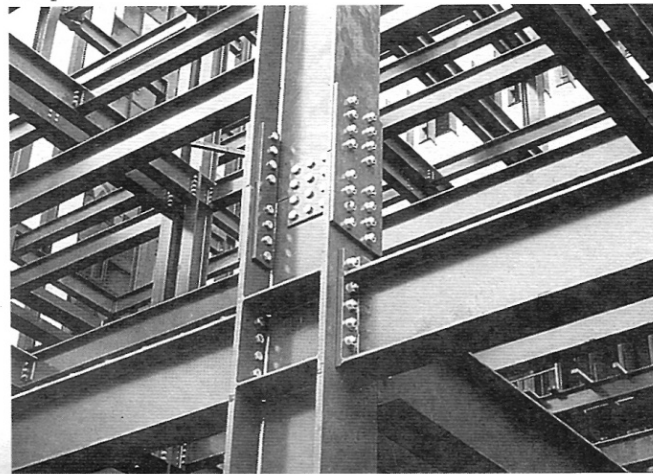
deverão ser considerados os efeitos combinados de todos os esforços solicitantes de cálculo, provenientes da rigidez total ou parcial das ligações



SECÇÃO A-A



Hospital Albert Einstein - SP



Conexão rígida viga-pilar,  
utilizando chapa de extremidade parafusada.

Arquivo ZIGURATE

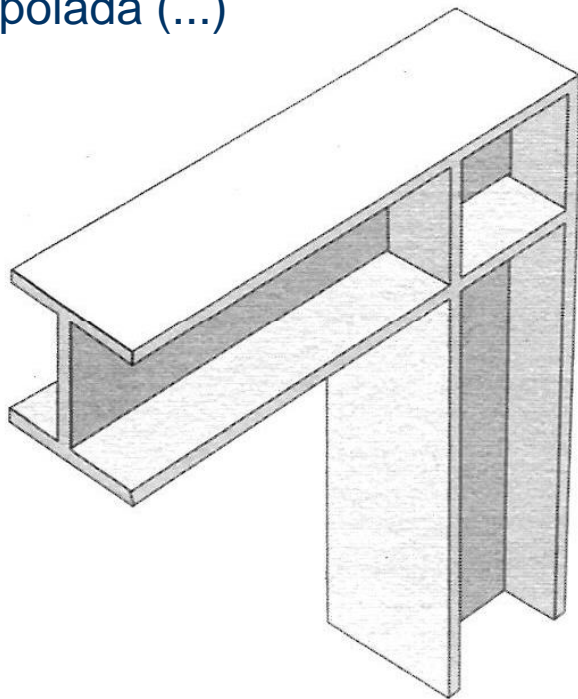
Foto do Autor



# NBR 8800 / 2008

## 6.1.4 - Barras com **ligações rígidas** nos apoios (cont.)

**T.2.5.2.1** Quando as ligações são feitas com as mesas de um pilar, considera-se que haja um **par de enrijecedores** na alma do pilar, com área superior ou igual à da mesa inferior da viga apoiada (...)



### *Nó de Pórtico*

Conexão rígida,  
empregando ligação  
soldada viga-pilar.

Edifício Comercial - BH

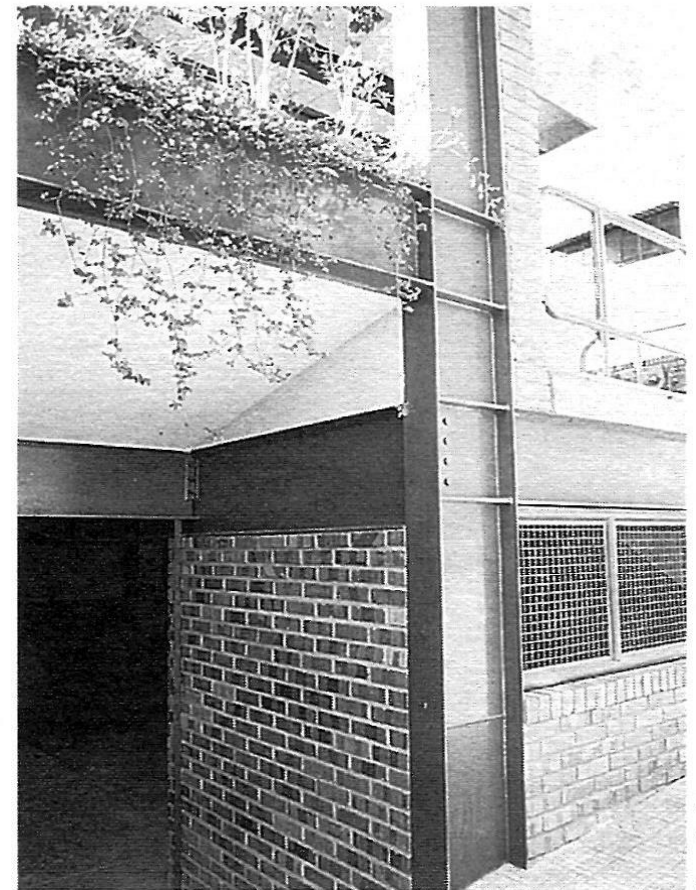


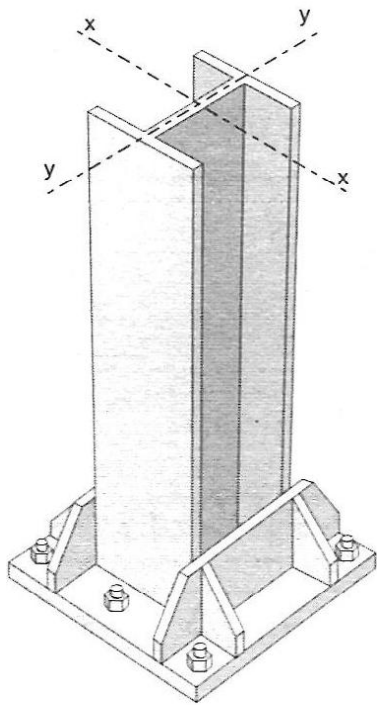
Foto do Autor

Arquivo ZIGURATE

Ligação soldada viga-pilar.

# NBR 8800 / 2008

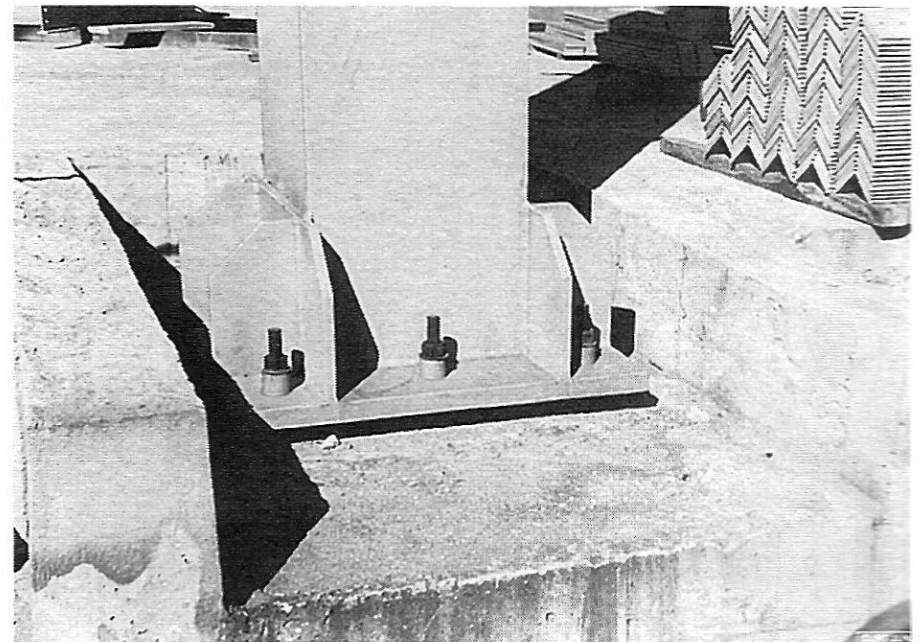
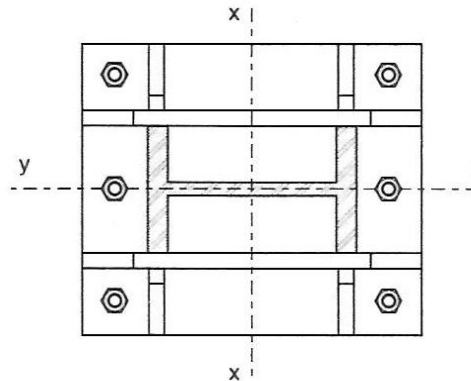
## 6.1.4 - Barras com **ligações rígidas** nos apoios (cont.)



Placa de base com nervuras.

### ***Bases de Pilares***

Para garantir a rigidez da ligação, são afastados ao máximo os chumbadores que servem de ligação entre o pilar e a fundação de concreto.



Base de pilar rígida ou engastada.



# NBR 8800 / 2008

## 6.1.5 – Resistências mínimas de ligações

$$S_d \geq 45kN$$

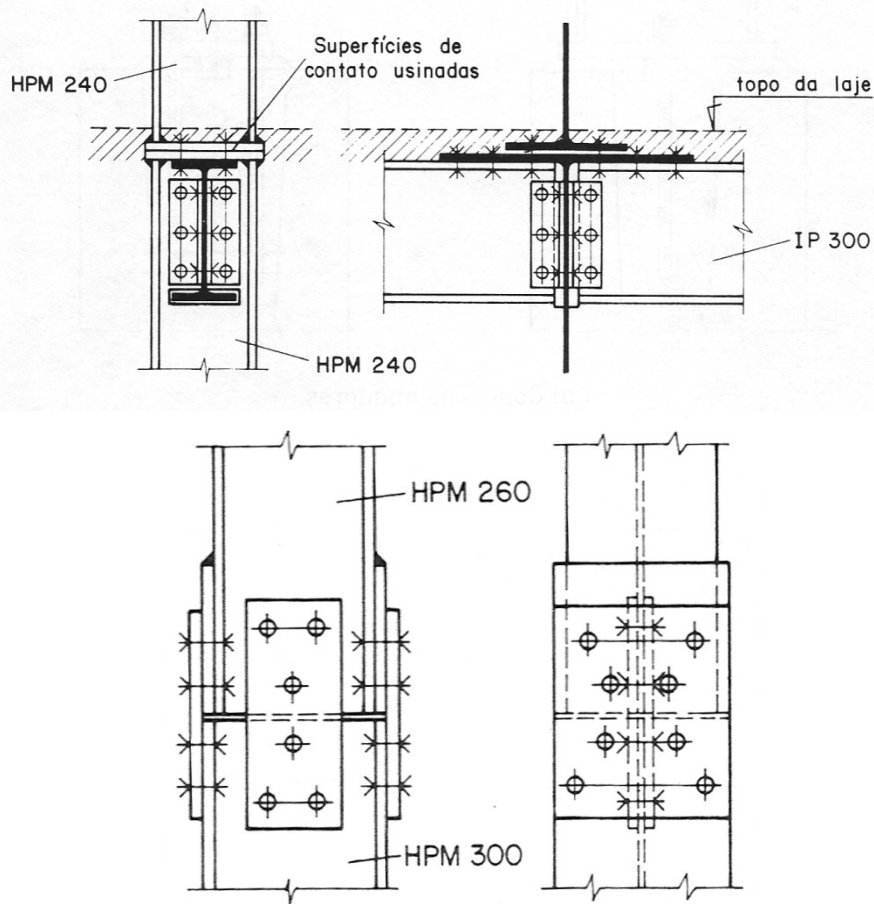
**6.1.5.2** Ligações sujeitas a uma **solicitação de cálculo inferior a 45 kN, excetuando-se diagonais** de travejamento de barras compostas, tirantes constituídos de barras redondas e travessas de fechamento lateral de edifícios, devem ser dimensionadas para uma solicitação de cálculo igual a 45 kN.

$$S_d \geq 0,5R_d$$

**6.1.5.3** As ligações de **barras tracionadas ou comprimidas** devem ser dimensionadas, no mínimo, para 50% da força axial resistente de cálculo da barra, referente ao tipo de solicitação que comanda o dimensionamento da respectiva barra (tração ou compressão).

# NBR 8800 / 2008

## 6.1.6 – Barras comprimidas transmitindo esforços por contato



**6.1.6.1** Em pilares cujas extremidades são usinadas, por exemplo, por corte com serra, para transmitir **forças de compressão por contato**, as ligações das extremidades com as placas de apoio, ou entre pilares, devem ser feitas com parafusos ou soldas capazes de manter em suas posições, com segurança, todas as partes ligadas.

**6.1.6.2** Barras **comprimidas** que não sejam pilares, com extremidades usinadas, **transmitindo esforços por contato**, devem ter meios e elementos de ligação posicionados de modo a manter alinhadas todas as partes da ligação e dimensionados para resistir à condição menos severa entre...  
(a) e (b)

# NBR 8800 / 2008

## 6.1.8 – Disposição de soldas e parafusos

**6.1.8.1 Grupos de parafusos ou soldas, situados nas extremidades de qualquer barra axialmente solicitada,** devem ter seus centros de gravidade sobre o **eixo que passa pelo centro geométrico da seção da barra**, a não ser que seja levado em conta o efeito de excentricidade.

**6.1.8.2 Nos casos de cantoneiras simples ou duplas e barras semelhantes, solicitadas axialmente,** não é exigido que o centro geométrico de grupos de parafusos ou soldas de filete fique sobre o eixo baricêntrico da barra, nas extremidades da mesma, para os casos de barras não sujeitas à fadiga; a excentricidade entre os eixos da barra e das ligações pode ser desprezada em barras solicitadas estaticamente, mas, deve ser levada em conta em barras sujeitas à **fadiga**.

# NBR 8800 / 2008

## 6.1.9 – Combinação de meios de ligação

Parafusos em  
ligações por  
**contato**

+ Soldas  $\Rightarrow$  **NÃO !**

**Só cortante!**

(considerar apenas 50%  
da resistência do grupo de  
parafusos)

Parafusos de alta  
resistência em  
ligações por **atrito**  
ou **rebites**

+ Soldas  $\Rightarrow$  **OK !**

**JÁ EXISTENTES**

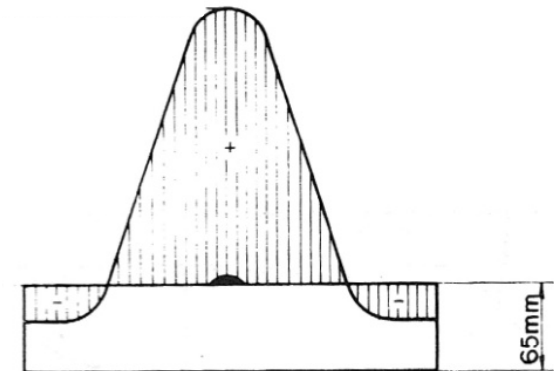
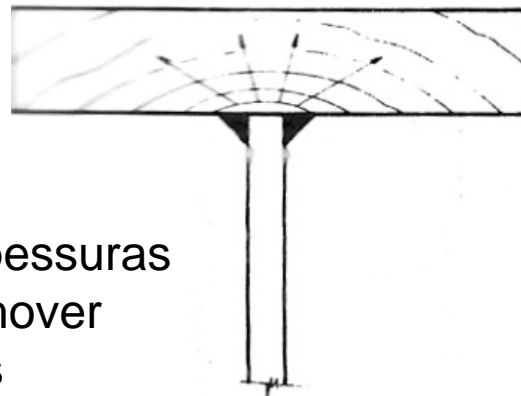
# NBR 8800 / 2008

## 6.1.10 – Fratura Lamelar

Devem ser evitadas, sempre que possível, juntas soldadas onde a transmissão de tensões de tração, resultantes da retração da solda executada sob condições de restrição de deformação, se faça através de elemento plano em direção não paralela à sua face (por exemplo, em juntas em L ou em T).

Se não puder ser evitado esse tipo de ligação, devem ser tomadas precauções para evitar a ocorrência de fratura lamelar.

A solda entre peças de espessuras muito diferentes pode promover tensões residuais elevadas





# NBR 8800 / 2008

## 6.1.10 – Limitações de uso para ligações soldadas e parafusadas

6.1.11.1 Devem ser usados **soldas** ou **parafusos de alta resistência** com protensão inicial nos seguintes casos:

- a) **emendas de pilares** nas estruturas com mais de 60 m de altura;
- b) **emendas de pilares**, nas estruturas com altura entre 30 e 60 m, caso a menor dimensão horizontal seja inferior a 40% da altura;
- c) **emendas de pilares**, nas estruturas com menos de 30 m de altura, caso a menor dimensão horizontal seja inferior a 25% da altura;

# NBR 8800 / 2008

## 6.1.10 – Limitações de uso para ligações soldadas e parafusadas

6.1.11.1 Devem ser usados **soldas** ou **parafusos de alta resistência** com protensão inicial nos seguintes casos (continuação):

d) ligações de **vigas e treliças** das quais depende o sistema de **contraventamento** e ligações de vigas e treliças com pilares, nas estruturas com mais de 40 m de altura;

e) ligações e emendas de **treliças de cobertura**, ligações de treliças com pilares, emendas de pilares, ligações de contraventamentos de pilares, ligações de mãos francesas ou mísulas usadas para reforço de pórticos, e ligações de peças suportes de pontes rolantes, nas estruturas com pontes rolantes de capacidade superior a 50 kN;

f) ligações de peças sujeitas a ações que produzam impactos ou tensões reversas;

# NBR 8800 / 2008

## Outras recomendações:

**6.1.12 Emendas de perfis pesados**

**6.1.13 Recortes de mesa de vigas para ligações e aberturas de acesso para soldagem**

**6.1.14 Considerações sobre ligações com perfis tubulares**