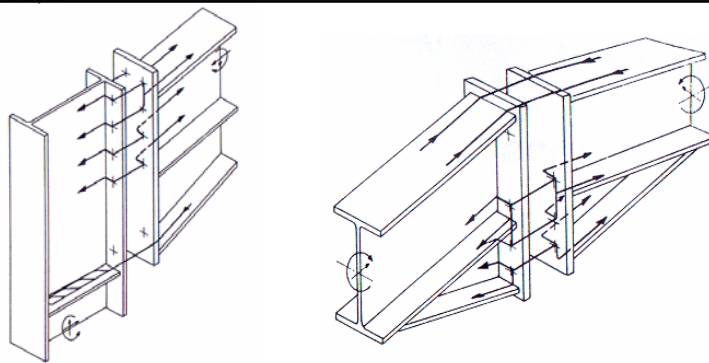




Ligações de Pórticos Industriais

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
PGECIV - Mestrado Acadêmico
Faculdade de Engenharia – FEN/UERJ
Disciplina: Tópicos Especiais em Projeto
Professor: Luciano Rodrigues Ornelas de Lima

2



1. Introdução

■ Edifícios Industriais

- ✓ U.K. → 40%
- ✓ Brasil → 70 a 80%
- ✓ espaçamento dos pórticos → 4,5 a 7,5 m

■ Posição das ligações

- ✓ pontos de inflexão nas vigas ("rafters")
- ✓ topo ("apex"), viga-coluna ("eaves")



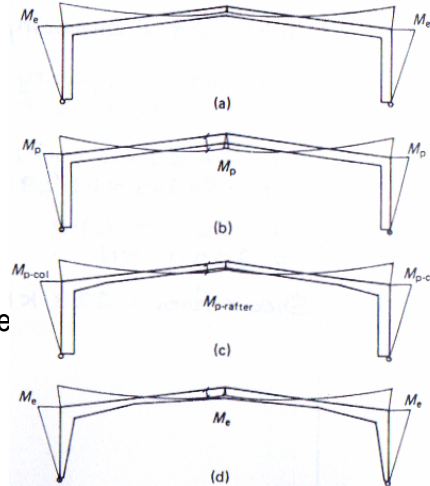
3



2. Projeto



- **Elástica → $M_{\max}$ ("eaves")**
 - ✓ viga e coluna com mesma seção
 - ✓ não é eficiente para vigas
- **Cálculo Plástico**
 - ✓ redistribuição de M (formação de rótula plástica)
 - ✓ ligação difícil → capacidade de rotação necessária
- **Solução Misulada**
 - ✓ + econômico → vigas + leves que as colunas → laminadas
- **Com inércia variável**
 - ✓ ao longo das peças, de acordo c/ o diagrama de momentos, sem automação → anti-econômico



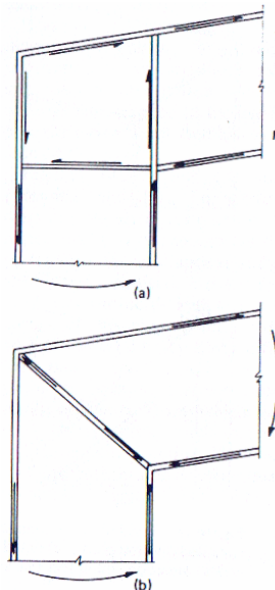
4



3. Ligação Viga-Coluna ("Eaves")



- Momentos predominam → M binário de forças
- Sem enrijecedor diagonal
- Equilíbrio de forças → resistência ao cisalhamento do painel
- Na prática → caso B
 - ✓ equilíbrio do painel e enrijecedor diagonal
 - ✓ hipótese 1 → enrijecedor → toda a força
 - ✓ hipótese 2 → enrijecedor e painel dividindo a força
- Ductilidade → redistribuição



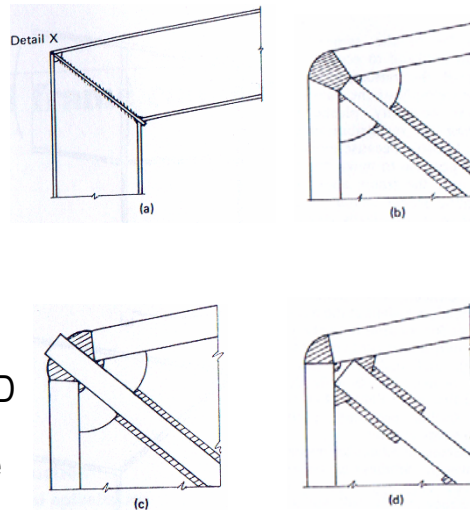
5



3. Ligação Viga-Coluna ("Eaves")

■ Soluções soldadas

- ✓ mais raras: soldas na viga-coluna e parafusos nos pontos de inflexão)
- ✓ mais eficiente → tipo A
- ✓ se $t \approx 10$ a 15 mm → tipo B
- ✓ para evitar fratura lamelar → tipo C
- ✓ para $t > 15$ mm → tipo D (se usar B → muita solda e possibilidade de distorção)



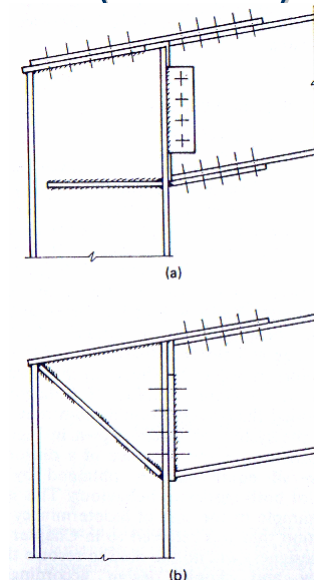
6



3. Ligação Viga-Coluna ("Eaves")

■ Soluções aparafusadas

- ✓ parafusos de alta resistência (rigidez) → + caras
- ✓ cuidados com a montagem → viga
- ✓ placa inferior → soldada
- ✓ placa superior → solda + parafusos → colocada posteriormente
- ✓ + econômica → tipo B
- ✓ enrijecedor horizontal → quando o painel (alma) resiste ao cisalhamento
- ✓ enrijecedor diagonal → painel não resiste ao cisalhamento



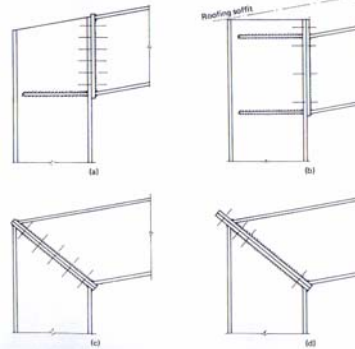
7



3. Ligação Viga-Coluna ("Eaves")

■ Placa de extremidade p/ vigas-colunas sem mísula

- ✓ (a) e (b) → plano vertical da ligação
 - padronização
- ✓ (a) → M pequeno → braço de alavanca menor
- ✓ (b) → mais robusta
- ✓ (c) e (d) → solução em diagonal → problemas de instabilidade no canto da ligação
 - necessidade de contraventamentos → dificuldades de montagem
- ✓ (c) → M Máximo
- ✓ (d) → muito raro
- ✓ M → forças de tração



1. enrijecimento → compressão (coluna)
2. parafusos p/ cisalhamento → distantes do centro de rotação → cargas de tração
3. parafusos inferiores → compressão → contato
4. parafusos superiores → montagem

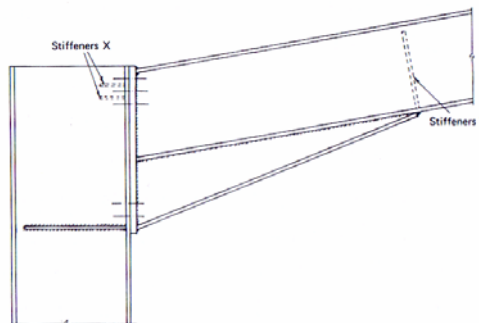
8



3. Ligação Viga-Coluna ("Eaves")

■ Placa de extremidade p/ vigas-colunas com mísula

- ✓ comprimento mísula → $L/10$ (economia)
- ✓ mísula com mesma seção da viga
- ✓ enrijecedores superiores → mudança da linha de ação de T (X)
- ✓ rótula plástica na coluna → compressão → necessidade de enrijecedor
- ✓ na viga, enrijecedor em Y



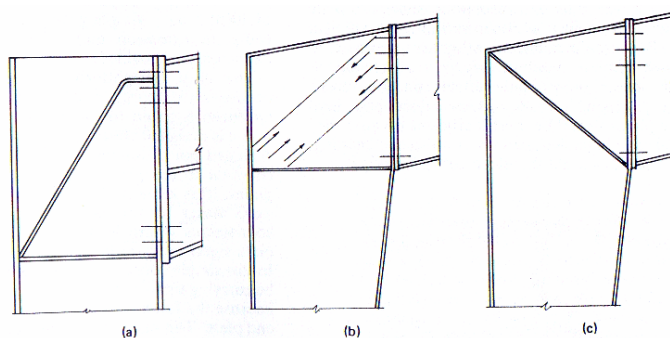
9



3. Ligação Viga-Coluna ("Eaves")

■ Enrijecedores

- a) diagonal (*Morris*) → enrijecimento da mesa da coluna (tração) e da alma (cisalhamento) → soldas totais → deve ser usado em conjunto com enrijecedor horizontal
- b) seções leves → $d / t < 120$ → campo de tração
- c) $d / t > 120$ → enrijecedor diagonal em compressão



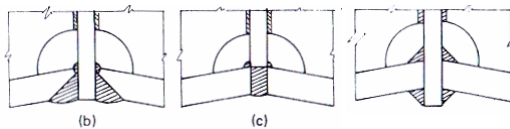
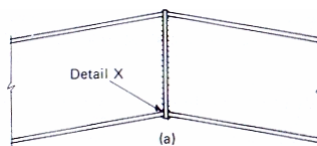
10



4. Ligações de Cumeeira ("Apex")

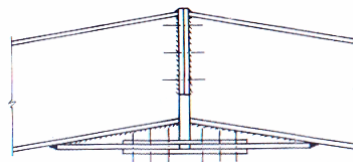
■ Soldas de Entalhe

- ✓ mesmas considerações das vigas-colunas



■ Emendas com Placas Aparafusadas

- ✓ menos econômicas
- ✓ mais eficiente (fig. 14.9) → momentos negativos
- ✓ placas nas emendas → tração

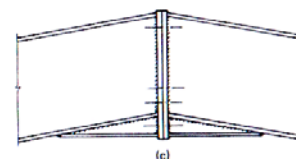
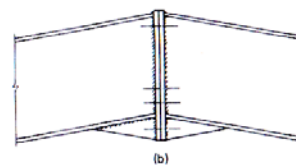
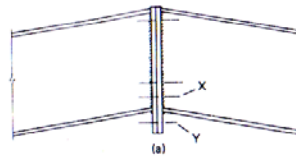




4. Ligações de Cumeeira (“Apex”)

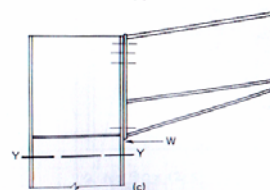
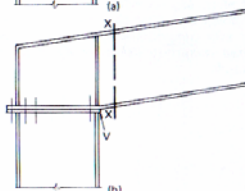
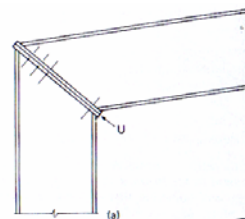
■ Placas de Extremidade

- ✓ (a) → placa estendida → cálculo conservador → elástico
- ✓ plástico → força em X > força em Y → redução da eficiência em termos de rigidez
- ✓ (b) → reforço com “gusset”
- ✓ (c) → mísula



5. Estabilidade - Ligações de Pórticos

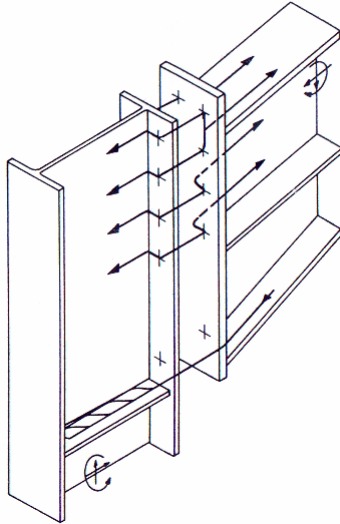
- ✓ altos valores de I_x / I_y
- ✓ flambagem lateral por torção
- ✓ “apex” (cummeira) → compressão no topo → estabilidade através das terças $\approx 0,5$ m
- ✓ “eaves”:
 - contraventamento



13



6. Exemplos (1)



Bolted end plate splice for eaves connection of pitched portal frame.

Design a connection between a $356 \times 171 \times 51$ UB rafter (with haunch) in Grade 50 steel and a $406 \times 178 \times 60$ UB column in Grade 43 steel.

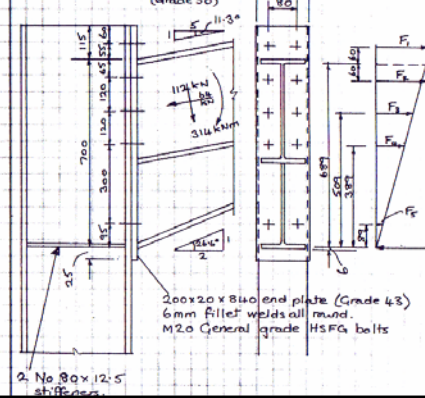
The connection is to carry the following factored loads at the end of the rafter:

Bending moment 314 kNm
Axial load in rafter 64 kN (compression)
Shear at end of rafter 112 kN

$406 \times 178 \times 60$ UB column.

$356 \times 171 \times 51$ UB (Grade 50) rafter.

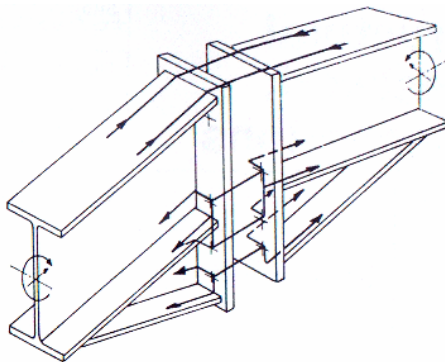
Haunch out of $356 \times 171 \times 51$ UB (Grade 50)



14



6. Exemplos (2)



Bolted end plate splice for apex connection of pitched portal frame.

Design an apex connection between $356 \times 171 \times 51$ UB rafters in Grade 50 steel.

The connection is to carry the following factored loads:

Bending moment 262 kNm
Axial load in rafter 49 kN (compression)

