

## **Aula 1 - Introdução e Tipologia de Pilares**

### **Objetivos da aula**

- Compreender o papel dos pilares no caminho de cargas e no desempenho global das estruturas.
- Reconhecer tipologias de pilares (posição, seção, esbeltez) e implicações de projeto.
- Introduzir conceitos de flexo-compressão, excentricidade mínima e efeitos de segunda ordem.

### **Conteúdo da aula (texto base) 1) Papel do pilar e caminho de cargas**

- O pilar é o elemento vertical que transmite as ações das lajes/vigas à fundação e ao solo.
- Fluxo típico de cargas:
  - Lajes → Vigas → Pilares → Fundação → Solo
- A integridade de cada elo condiciona o desempenho global (rigidez, estabilidade e segurança).
- Em pilares de concreto armado (CA):
  - O concreto resiste, majoritariamente, à compressão
  - A armadura longitudinal e os estribos controlam tração e confinamento

### **2) Tipologias de pilares**

- Por posição na planta:
  - Internos: rodeados por vigas/lajes em todas as direções
  - De borda: uma borda livre
  - De canto: duas bordas livres
  - A posição afeta solicitações, detalhamento de nós e o risco de excentricidades acidentais maiores
- Por seção transversal:
  - Retangulares/quadrados: corrente em CA moldado in loco
  - Circulares: vantajosas em flambagem e em ambientes com rotações de direção
  - Seções em L/T: edifícios com paredes estruturais e núcleos
  - A escolha dialoga com arquitetura, cargas e formas
- Por esbeltez:
  - Curtos: efeitos de 2ª ordem desprezíveis
  - Intermediários:  $P - \Delta$  moderado
  - Esbeltos: exigem amplificação de esforços
  - A classificação depende do índice de esbeltez (ver item 4)

### **3) Ações, combinações e flexo-compressão**

- Pilares raramente trabalham sob compressão centrada:

- Excentricidades geométricas e de carregamento introduzem momentos fletores
- Estado típico: flexo-compressão normal (um plano) ou oblíqua (dois planos)
- Exige verificação de resistência e estabilidade
- Além das combinações usuais (peso próprio, sobrecargas, vento etc.):
  - É boa prática considerar excentricidades mínimas de projeto (normativas) para cobrir imperfeições

#### **4) Esbeltez, comprimento de flambagem e excentricidade mínima**

- Índice de esbeltez:

$$\lambda = \frac{l_e}{i}, \quad i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

- Onde:
  - \*  $l_e$ : comprimento de flambagem (equivalente)
  - \*  $i$ : raio de giração
  - \*  $I$ : momento de inércia
  - \*  $A$ : área da seção
- Valores pequenos de  $\lambda$ : pilares “curtos” (2ª ordem desprezível)
- Valores altos de  $\lambda$ : necessidade de amplificação ( $P - \Delta$ ) ou verificação de instabilidade
- Comprimento equivalente  $l_e$ :
  - Depende das condições de engaste/apoio nas extremidades (nós rígidos, semirrígidos, livres)
  - Em pórticos, o nó pilar-viga costuma reduzir  $l_e$  em relação ao comprimento físico
- Excentricidade mínima:
  - Adota-se uma  $e_{\min}$  normativa para contemplar imperfeições/acidentes, mesmo quando as análises indicam compressão “centrada”
  - Consultar critérios da norma aplicável

#### **5) Modos de ruptura e boas práticas de detalhamento**

- Modos de ruptura comuns:
  - Esmagamento do concreto
  - Flambagem global
  - Instabilidade local da armadura longitudinal (quando mal confinada)
  - Ruptura por flexo-compressão em seções pouco armadas
- Boas práticas:
  - Cobrimento adequado

- Estribos/amarração com espaçamentos compatíveis para confinamento e ancoragem
- Detalhamento do nó pilar-viga (transferência de esforços)
- Atenção a ligações com fundações e a efeitos de retração/fluência

## 6) Exemplo numérico - classificação de esbeltez (simplificado)

- Seção retangular 25×40 cm:
  - $A = 0,25 \times 0,40 = 0,10 \text{ m}^2$
  - Momento de inércia em torno do eixo forte:
    - \*  $I \approx \frac{bh^3}{12} = \frac{0,25 \times 0,40^3}{12} \approx 1,33 \times 10^{-3} \text{ m}^4$
  - Raio de giração:
    - \*  $i = \sqrt{I/A} \approx \sqrt{1,33 \times 10^{-3}/0,10} \approx 0,115 \text{ m}$
- Suponha  $l_e = 3,2 \text{ m}$
- Então:
  - $\lambda = l_e/i \approx 3,2/0,115 \approx 27,8$
- Interpretação de  $\lambda$ :
  - Pilar “curto” a “intermediário” (dependendo da norma e direção)
  - Efeitos de 2ª ordem moderados
  - Prever  $e_{\min}$  e verificar flexo-compressão com amplificação normativa quando aplicável

## Pilares em uma estrutura

- Os pilares são elementos estruturais de suma importância em uma edificação.
- Responsáveis por receber as cargas dos pavimentos superiores e transferi-las para as fundações.
- A imagem a seguir ilustra a disposição dos pilares em uma estrutura de concreto armado.

## Atividade prática

- Dado um pilar 30×50 cm com  $l_e = 4,0 \text{ m}$ :
  1. Calcule  $i$  e  $\lambda$  nas duas direções principais e classifique a esbeltez.
  2. Proponha um esquema de plano de vigas e apoios que reduza  $l_e$ .
  3. Sugira um valor de  $e_{\min}$  (conforme norma) e discuta o impacto sobre o dimensionamento.

## Links suplementares da Aula 1

- Column (Wikipedia): <https://en.wikipedia.org/wiki/Column>

- Reinforced concrete (Wikipedia): [https://en.wikipedia.org/wiki/Reinforced\\_concrete](https://en.wikipedia.org/wiki/Reinforced_concrete)
- Concrete (Wikipedia): <https://en.wikipedia.org/wiki/Concrete>
- Euler buckling (general): <https://en.wikipedia.org/wiki/Buckling>