



Modelação estrutural
de pilares paredes

Sumário

Introdução	2
1 - Por que usar Pilares paredes?	3
2 - Modelação estrutural	3
3 - Pontos de atenção na modelação e cálculo de pilares paredes	8
4 - Pilares paredes planos	10
Conclusão	19



Por: Socrate Muñoz Iglesia | Engenheiro Civil

Introdução

Em projetos de edifícios altos, o controle dos movimentos - causados pela ação das forças horizontais - é fundamental. Os pilares paredes são elementos verticais, geralmente contínuos na altura do edifício, nos quais a seção transversal pode ser uma simples parede retangular ou uma combinação destas formando uma seção aberta, semi aberta ou fechada. Nestas paredes, a espessura é pequena se comparada com a largura e comprimento do elemento. A altura da seção costuma ser da ordem de distância entre os pavimentos. Geometricamente, os pilares paredes podem ser modelados mais adequadamente como uma superfície ou combinação de superfícies que não ficam no mesmo plano, em lugar de um único elemento linear. Devido a esta característica, a rigidez, flexão e torção geralmente resultam maior que nos pilares convencionais.

Boa leitura!



1. Por que usar Pilares paredes?

Os pilares paredes servem para diversas funções desde o ponto de vista arquitetônico, uma vez que eles permitem dividir locais pela função e isolar térmica e acusticamente os espaços de um modo muito eficiente. Como solução estrutural, permitem transmitir as cargas verticais desde os pavimentos até as fundações, e aportam uma alta rigidez lateral e de torção. Quando se associam várias paredes delgadas não coplanares interligadas entre si, constituindo seções transversais de perfil aberto ou parcialmente aberto, se forma um núcleo rígido. Como exemplo dessa situação, podemos citar os pilares-parede que ficam em torno de caixas de elevadores e escadas.

2. Modelação estrutural

Existem várias formas de modelar os pilares paredes com diferente grau de complexidade. Cada possui vantagens e desvantagens, sendo de responsabilidade do engenheiro estrutural definir qual será o adequado para obter a resposta estrutural mais realista. As características do edifício, das cargas e do software de cálculo estrutural utilizado, podem determinar o modelo de pilar parede adotado. A seguir apresentarei alguns destes modelos.

2.1 – Barra equivalente

É um modelo simples. O pilar parede é modelado como uma barra geralmente localizada no centróide da seção transversal com 6 graus de liberdade (GDL) em cada extremo. Cada barra tem o comprimento de um andar e as propriedades geométricas e mecânicas devem ser iguais às do pilar real. É um modelo adequado para pilares paredes com seção retangular maciça ou seções I, U, H ou C, onde as asas e alma sejam pequenas. Utiliza-se quando o software não permite construir o modelo utilizando barras acopladas, grelhas ou elementos finitos. A seção transversal e o material podem variar na altura. O modelo com seis graus de liberdade em cada extremo não permite considerar as distorções (warping) que se produzem no caso de núcleos rígidos submetidos à torção. Para solucionar este problema se podem adicionar um GDL em cada extremo, assim a matriz rigidez da barra resulta em 14x14. Esse modelo tende a ser mais preciso, no entanto, implica em dificuldades adicionais na ensamblagem da matriz rigidez da estrutura completa. Outro problema do modelo é que não permite obter uma resposta adequada na ligação do elemento com vigas e lajes do pavimento.



2.2 – Pórtico equivalente

Este modelo é utilizado nos casos de pilares paredes com aberturas ou acoplamento com outros pilares paredes ou com pórticos. Os pilares paredes e pórticos devem encontrar-se no mesmo plano ou em planos verticais paralelos muito próximos. Cada pilar é substituído por uma barra localizada no centróide da seção transversal de comprimento igual à altura dos pavimentos. O acoplamento é feito através das lajes ou vigas modelados como barras de rigidez axial elevada, com trechos rígidos nos extremos. Esse método de modelação estrutural permite considerar a variação da seção em altura por causa de aberturas diferentes.

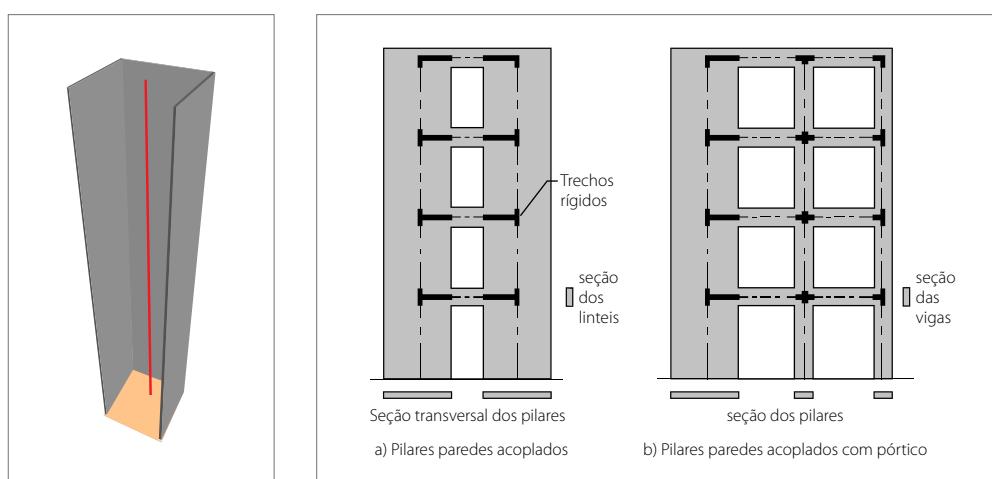


Fig. 1. Pilar de seção U modelado mediante barra equivalente.

Fig. 2. Modelo de pórtico equivalente para pilares paredes acoplados.

2.3 – Treliça equivalente

No caso de núcleos com translação e torção, o modelo pode ser uma treliça espacial formada por barras verticais, horizontais e diagonais com propriedades geométricas e mecânicas equivalentes às do pilar original, de modo que a rigidez axial, flexão e cortante sejam similares. As barras horizontais devem ser muito rígidas no plano das paredes. Com os modernos programas de cálculo, este é um modelo de uso cada vez mais limitado

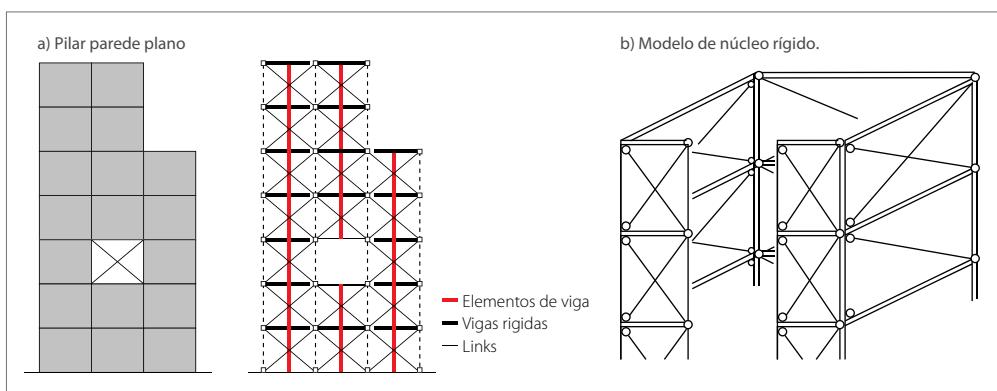


Fig. 3. Modelos de treliça equivalente.

2.4 – Barras verticais acopladas mediante barras rígidas

O modelo é utilizado no caso de pilares paredes formados por várias paredes formando seções abertas ou fechadas, como é no caso de núcleos de rigidez para escadas ou elevadores. É formado por várias barras verticais de seção retangular, acopladas mediante barras horizontais muito rígidas no plano das paredes (Fig.4), mas flexíveis no plano perpendicular a estas, assim como à torção. Cada parede é modelada com uma barra com seção retangular igual que a parede. O modelo permite considerar as distorções (warping) da seção transversal e permite obter resultados muito bons. No modelo resulta complexo definir a interação e a flexibilidade das ligações do pilar parede com vigas ou lajes dos pavimentos.

2.5 – Analogia de grelha

Cada parede é modelada mediante uma grelha formada por barras verticais e horizontais com propriedades mecânicas e geométricas que permitam um comportamento similar ao pilar parede (Fig.5). A determinação da rigidez adequada das barras da grelha para obter os esforços no plano das paredes tem sido objeto de muitos estudos. O modelo permite considerar as distorções produzidas pela torção e a interação com vigas e lajes dos pavimentos.

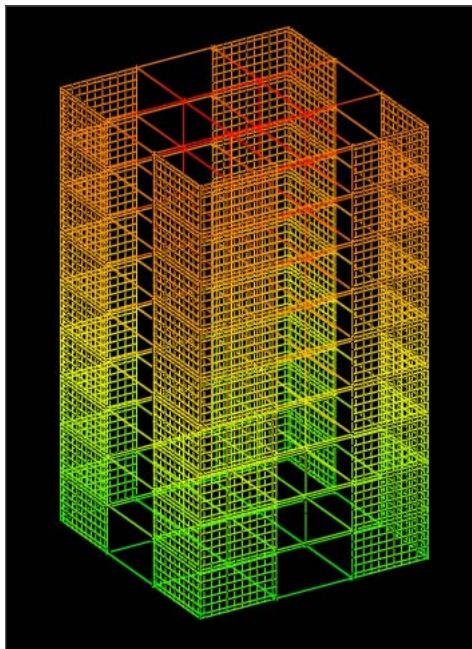


Fig. 5. Pilares paredes de seção L modelados mediante analogia de grelha.

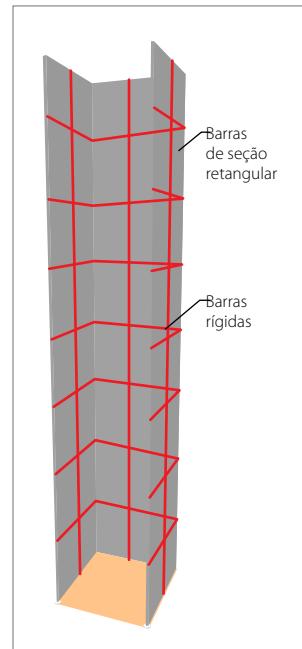


Fig. 4. Pilar de seção U modelado com barras verticais de seção retangular acopladas mediante barras rígidas.

2.6 – Método dos Elementos Finitos

É o modelo mais completo. Cada parede é dividida em sub-regiões ou elementos finitos de tipo shell, ligados entre si através dos nós. O método é completamente geral e permite considerar mudanças de seção na altura, presença de aberturas, espessuras e materiais diferentes, assim como as ligações do pilar parede com outros elementos, como vigas ou lajes dos pavimentos. Permite considerar as distorções produzidas pela torção.

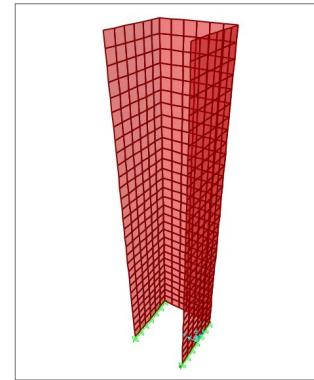


Fig.6. Modelo de elementos finitos de um núcleo rígido de seção U.

2.7 – Deformações de cortante

Para entender a influência das deformações de cortante analisaremos uma parede de seção retangular, espessura t e altura H . No topo da parede aplicamos uma carga concentrada horizontal P . O deslocamento horizontal no topo do elemento é:

$$\Delta = \frac{PH^3}{3EI} + \frac{\mu PH}{GA} \dots\dots (1)$$

Onde:

E : módulo de elasticidade do material

P : carga concentrada aplicada no topo do elemento

I : momento de inércia da seção

A : área da seção transversal

G : módulo de cortante

$$G = \frac{E}{2(1+\theta)}$$

θ : coeficiente de Poisson do material (0.2 para o concreto)

μ : coeficiente que leva em conta a forma da distribuição das tensões tangenciais na seção

Para seções retangulares:

$$\mu = 1.2$$

$$I = \frac{tL^3}{12}$$

$$A = t \cdot L$$

Na fórmula (1) o primeiro termo se corresponde com os deslocamentos de flexão e o segundo termo com os de cortante. Substituindo G , μ , A e I em (1) e igualando os termos temos:

$$\frac{12P \cdot H^3}{3E \cdot t \cdot L^3} = \frac{1.2P \cdot H}{G \cdot t \cdot L}$$

De onde obtemos:

$$\frac{L}{H} = \sqrt{\frac{1.2(2.4)}{4}} = 0.8485 \text{ ou também: } \frac{L}{H} = 1.1785$$

Este valores são as relações entre L e H , para as quais as deformações de cortante têm a mesma influência nos deslocamentos totais que as de flexão. Assim, para valores de L/H maiores que 1.1785, as deformações de cortante são mais importantes que as de flexão. O gráfico da fig. 7 mostra como variam os deslocamentos de flexão e de cortante para distintos valores da relação L/H .

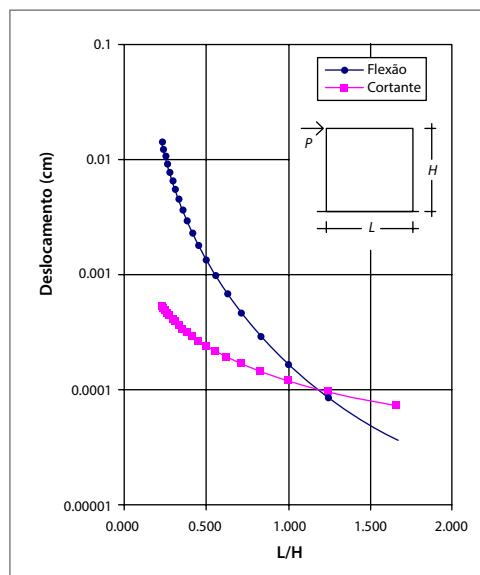


Fig.7. Variação dos deslocamentos de flexão e de cortante para distintos valores da relação L/H .

No gráfico anterior podemos ver que na medida em que a altura do muro é maior, e a relação L/H resulta menor, a importância das deformações de cortante é menor, um cálculo simples indica que para uma relação de $L/H=0.25$ ($H/L=4$) as deformações de cortante são menos de 5% das de flexão, o que justifica o fato de desprezar as mesmas no cálculo sempre que $H/L \geq 5$ como é indicado com frequência na bibliografia.

3. Pontos de atenção na modelação e cálculo de pilares paredes

Analisaremos a seguir, alguns pontos importantes na modelação de estruturas com pilares paredes. Como já sabemos, eles fazem parte do sistema de rigidez frente a cargas horizontais e sua função é transferir para as fundações estas cargas e garantir uma adequada rigidez lateral da estrutura. No caso das cargas de vento, estas são aplicadas nas fachadas que as transmitem para os pavimentos, que por sua vez, transmitem para o sistema de rigidez lateral.

3.1 – Ligação pilar parede - lajes do pavimento

No caso de usar um modelo de barra retangular única (Fig.3,a), ou uma combinação de barras de seção retangular acopladas mediante barras rígidas (Fig.3, b), se apresentam dois problemas:

O primeiro se refere às lajes e vigas do pavimento ligadas com o pilar, que devem ser acopladas a este mediante barras ou trechos rígidos como mostrado na figura 1.

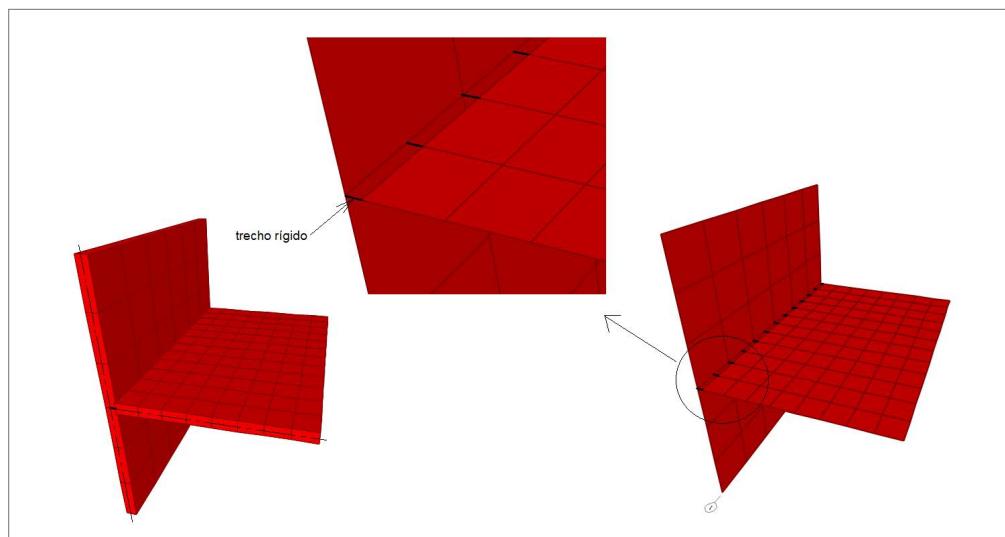


Fig. 1. Compatibilidade de deslocamentos entre parede e laje modeladas com malhas de espaçamentos diferentes. Uso de trechos rígidos na interface.

O segundo problema é a dificuldade em definir de modo adequado, a flexibilidade da ligação entre as vigas ou as barras da grelha do pavimento e o pilar parede, caso seja este o modelo utilizado. Observe na fig.2 a diferença nos momentos fletores nas vigas na seção de ligação com o pilar parede.

No caso do pilar parede ser modelado mediante grelha ou elementos finitos, pode-se apresentar problemas de compatibilidade de deslocamentos, se a discretização da laje do pavimento não possuir o mesmo espaçamento que o pilar parede.

A superfície média da laje deve ser conectada com a superfície média do muro, mas é comum utilizar grelhas ou malhas de elementos finitos diferentes, pois a discretização da laje é feita com espaçamento menor para capturar melhor a flexão.

Como existem nós não coincidentes, é necessário utilizar equações de compatibilidade adicionais (constraints), mas não são todos os softwares que permitem fazer isto. Por outro lado, em caso de paredes de maior espessura, importante considerar que o trecho entre o ponto de ligação laje - parede e o centro da parede tem uma rigidez muito elevada e deve ser modelado com barra rígida ou trecho rígido (Fig.1).

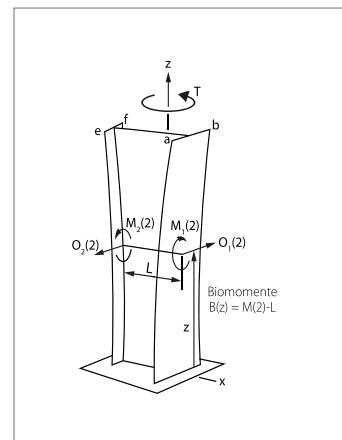


Fig.2. Distorção ou empenamento em núcleo de rigidez produto da torção.

3.2 – Distorção ou empenamento

É uma prática comum entre engenheiros utilizar uma barra única para modelar pilares de seções formadas por várias paredes como os núcleos de rigidez.

Importante observar que o uso de elementos de barra de seção não retangular, nestes casos, pode resultar em erros, uma vez que a deformação no modelo é bem diferente da real, principalmente em seções abertas, onde se apresenta empenamento ou distorção produto da torção (fig.2). Este efeito não pode apresentar-se na barra única, na qual a seção permanece plana antes e depois das deformações.

3.3 – Flexibilização das Ligações viga-pilar parede

No caso de vigas ligadas a um pilar modelado mediante barra única ou mediante barras retangulares acopladas por barras rígidas, como é mostrado na figura 3, será necessário unir os extremos das vigas aos eixos de cada barra mediante trechos ou barras rígidas.

Se a ligação entre as vigas com estes trechos rígidos é considerada rígida, pode-se cometer um erro significativo, por causa da flexibilidade das paredes do pilar. Uma alternativa adotada por muitos engenheiros é usar molas para conseguir uma ligação semirrígida.

No entanto, essas molas não podem ser confundidas com molas utilizadas para lograr redistribuições de esforços no caso de análise linear com redistribuição plástica. É difícil determinar a rigidez destas molas para flexibilizar a ligação, pois depende de vários fatores. Uma estimativa de seu valor é apresentada na fig. 4.

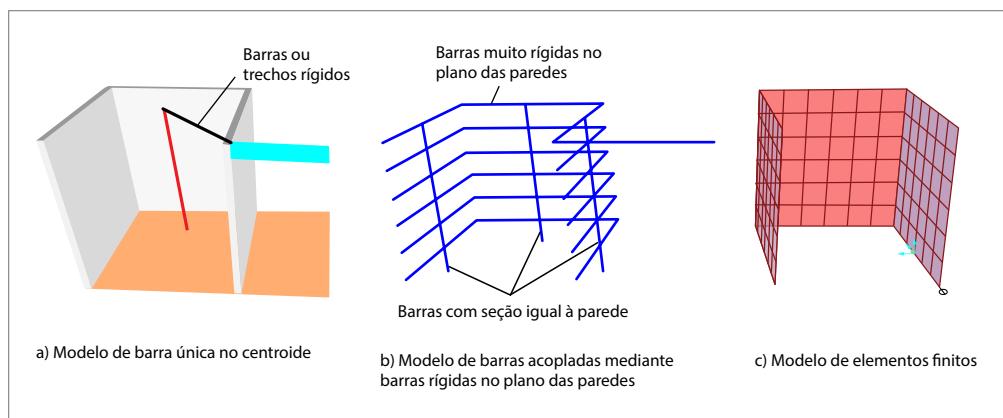


Fig.3. Ligação viga-pilar parede com diferentes modelos do pilar.

A fig. 4 apresenta uma estimativa aproximada da rigidez da mola na ligação viga - pilar parede usando o conceito de pilar e viga equivalentes. Uma análise da expressão indica que a rigidez aumenta conforme a viga fica mais próxima da ligação entre as abas do pilar, assim, para o caso de viga localizada no ponto de união das abas a rigidez da ligação será muito elevada. No caso de pavimentos intermédios o termo $4Ely/H$ deve ser duplicado. O coeficiente C permite considerar as condições nos extremos do pilar no lance inferior e superior assim como o ângulo formado entre a viga e o pilar parede.

A análise dos gráficos da fig. 5 permite ver que o modelo de barra isolada convencional não permite modelar adequadamente a interação viga - pilar parede com as vigas do pavimento. Observe que o momento na ligação permanece constante, independentemente da posição da viga na aba.

Comparando os resultados com os obtidos em um modelo de elementos finitos, podemos ver que modelo de barra de barra isolada melhora notavelmente quando são adicionadas as molas para considerar a flexibilidade da ligação.

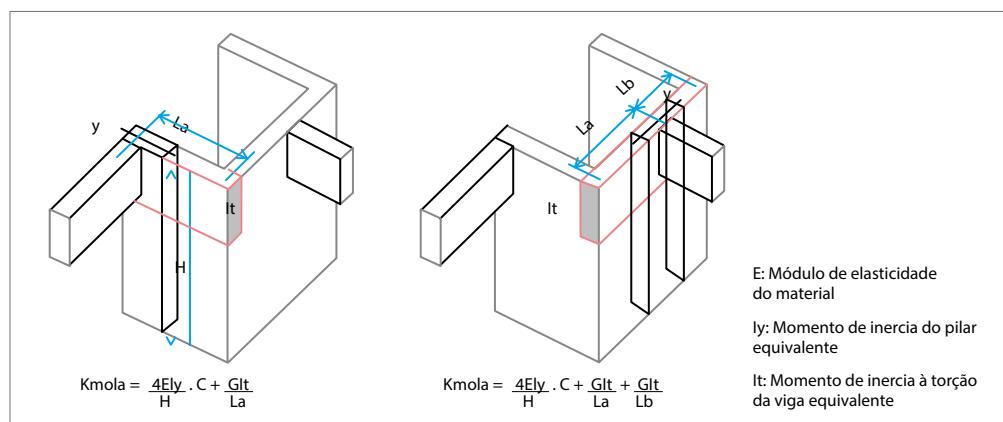


Fig. 4. Estimativa da rigidez da mola para flexibilizar a ligação viga-pilar parede.

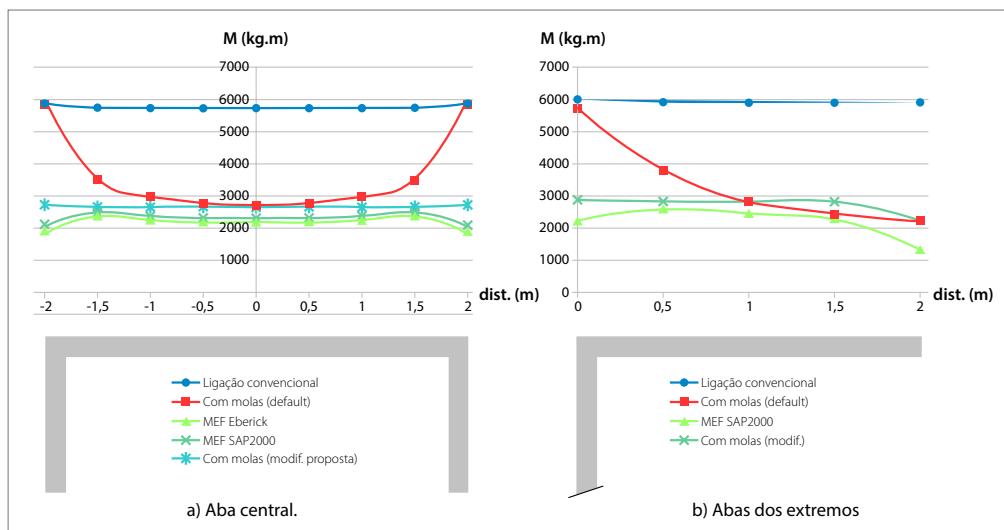


Fig. 5. Momento fletor na ligação viga-pilar parede (kg·m).

A curva vermelha identificada como "com molas(default)" na fig. 5, mostra a previsão da rigidez das molas obtida mediante as fórmulas indicadas na fig. 4. Pode-se ver que a coincidência com o método dos elementos finitos é bastante boa na zona central, tanto para a aba central como as abas dos extremos.

Observe também que os momentos são constantes na zona central das abas. Baseado neste resultado é possível fazer uma modificação, e adotar os resultados das fórmulas para a parte central. No bordo livre das asas laterais e na zona de união das asas, deve-se adotar as mesmas molas calculadas para a parte central. Este resultado é mostrado na fig. 5 nas curvas "com molas(modific.)".

3.4 – Acoplamento pilar parede - pórtico

A tipologia é similar aos pórticos nos quais a inércia dos pilares é significativa. A modelagem recomendada consiste em usar vigas infinitamente rígidas para ligar o eixo dos pilares com as vigas. O acoplamento das paredes permite conseguir uma rigidez muito maior que a soma das rigidezes das paredes individuais. As vigas restringem a inclinação das paredes em balanço, e esta restrição é maior conforme aumenta a rigidez das mesmas.

O acoplamento permite mediante um efeito de alavanca (Fig. 5) com o pilar acoplado, reduzir os momentos nos pilares, e consequentemente, reduzir os deslocamentos laterais que passam de um padrão de flexão a outro que é uma combinação de flexão mais cortante (Fig.6).

Diferente das paredes acopladas, os cortantes e momentos das vigas nos pórticos são maiores nos andares inferiores e diminuem nos andares superiores, portanto, nas paredes acopladas são mais uniformes na altura do prédio.

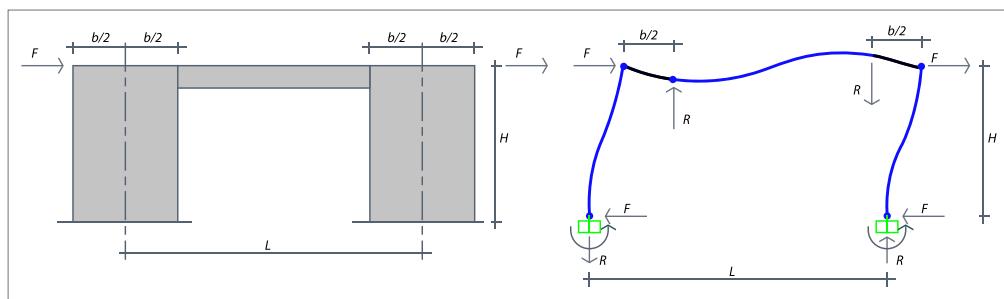


Fig. 5. Efeito de alavanca em pilares paredes acoplados.

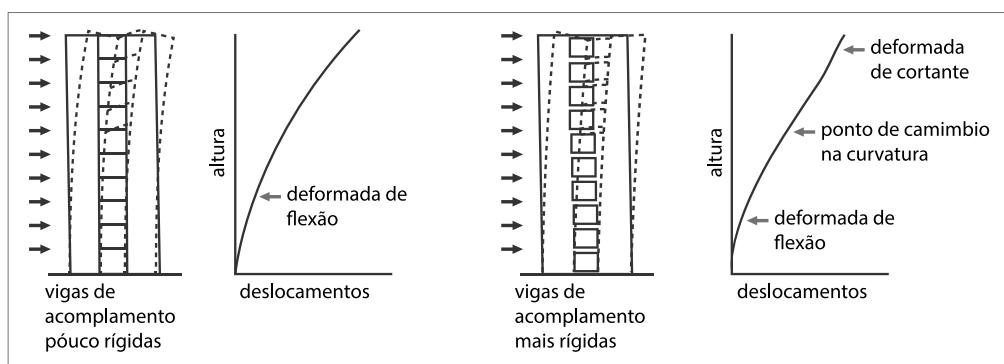


Fig. 6 Efeito da rigidez das vigas de acoplamento na deformada.

3.5 – Como fazer o dimensionamento de pilares paredes

Um bom projeto de estruturas com pilares paredes começa pela distribuição adequada dos mesmos. Estes elementos são geralmente contínuos na altura e rigidamente fixados na base. Trabalham como estruturas em balanço, levando as cargas verticais e horizontais até a fundação.

Para conseguir máxima rigidez a torção, é recomendável distribuir os pilares paredes afastados do centro da planta, localizando eles nas fachadas, se possível.

Podemos também utilizar núcleos de rigidez com seções abertas parcialmente ou fechadas. É importante dispor elementos de rigidez nas duas direções principais do edifício. Uma das estratégias seguidas é fazer uma distribuição de forma que suportem uma carga vertical que anule ou minimize as trações causadas pela carga horizontal, assim a quantidade de reforço necessário será mínima.

3.5 – Modos de falha

O dimensionamento dos pilares paredes visa evitar a falhas por flexão, cortante e por perda de estabilidade geral ou flambagem do elemento. No caso da flexão podem apresentar-se problemas por:

- ▶ Rompimento por tração do aço
- ▶ Compressão ou ruptura do concreto na zona de compressão

- ▶ Flambagem lateral da zona de compressão

Na falha por Cortante:

- ▶ Tração diagonal na alma
- ▶ Deslizamento
- ▶ Compressão ou ruptura do concreto da alma

4. Pilares paredes planos

A rigidez no sentido perpendicular aos pilares paredes planos é muito baixa e por isso é geralmente desprezada. O elemento trabalha em flexo-compressão com o momento atuando no plano da parede.

A armadura longitudinal pode ficar concentrada nos extremos, conforme figura 1, ou ser distribuída em toda a altura da seção transversal, conforme figura 2. Nestes elementos as cargas de compressão são elevadas e a pequena rigidez no sentido perpendicular à parede podem causar flambagem ou perda da estabilidade, portanto deve adotar-se uma espessura que evite este fenômeno ou dispor elementos de rigidez no sentido perpendicular (fig. 3).

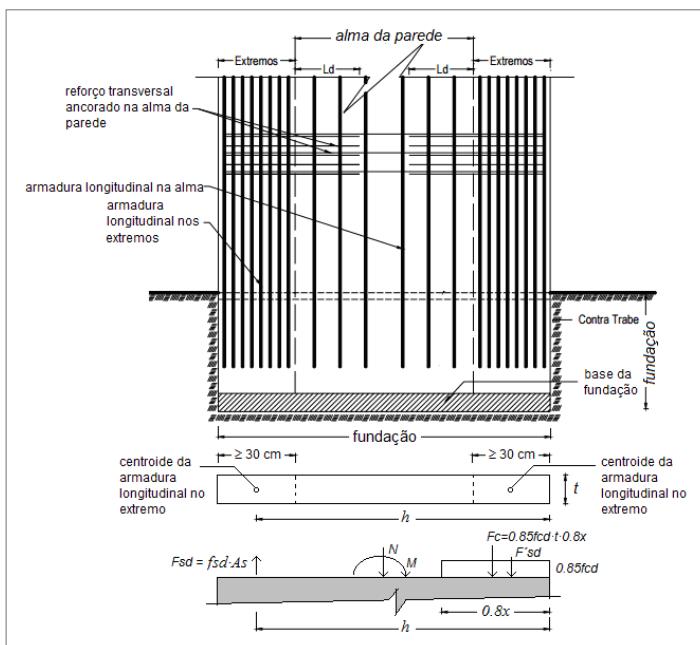


Fig.1. Distribuição da armadura nos extremos e alma e modelo de cálculo de pilar parede retangular.

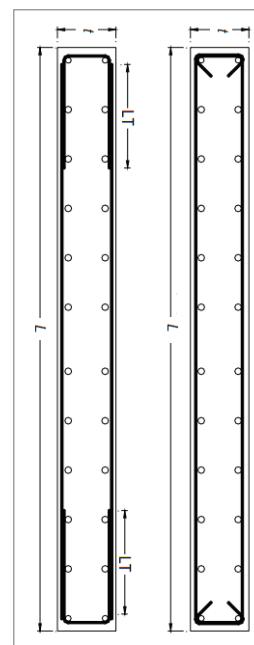


Fig.2. Distribuição uniforme da armadura na seção da parede.

4.1 – Pilares paredes com elementos de rigidez nos extremos

Em algumas situações, as paredes ficam ligadas a pilares ou outras paredes de pouco comprimento (vide fig.3), que incrementam a rigidez no plano perpendicular à parede, aumentando a resistência contra a perda de estabilidade ou flambagem.

O dimensionamento deve ser feito a flexo-compressão considerando os momentos nos dois planos principais do pilar parede. A armadura longitudinal principal pode ficar concentrada naquelas seções extremas ou distribuída em toda a seção. A fundação deve ser projetada para suportar os esforços dos elementos extremos e da alma. Se existirem aberturas, é necessário certificar que os esforços ao redor das mesmas não sejam superiores às dos materiais do pilar parede.

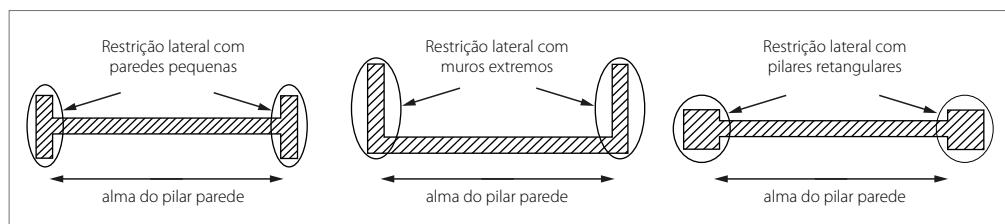


Fig.3 muros com restrição lateral sujeitos à flexo-compressão no seu plano.

4.2 – Pilares paredes acoplados

Para aumentar a rigidez lateral, podem-se acoplar dois ou mais pilares paredes ou combinar estes com pórticos mediante o uso de vigas de grande altura, conforme ilustrado na figura 5. Estas ações restringem as rotações das paredes e conseguem um trabalho conjunto dos pilares paredes acoplados.

As forças cortantes nestas vigas são elevadas e requerem um cuidadoso dimensionamento e detalhamento. Se as vigas forem muito flexíveis, o acoplamento será quase nulo e não se conseguirá as vantagens do trabalho conjunto.

A interação pilar-parede - pórtico é bastante complexa. No pórtico o deslocamento relativo entre os pavimentos é proporcional à força lateral total aplicada na parte superior de cada pavimento, assim, este deslocamento relativo resulta maior nos pisos inferiores.

No caso do pilar parede nos pisos inferiores, a elevada rigidez restringe a deformação do pórtico. Nos pisos superiores, o pilar parede apresenta deslocamentos de flexões bastante elevados, maiores que apresentaria o pórtico, se tivesse que suportar sozinho toda a carga lateral.

Em lugar de colaborar com o pórtico para resistir a carga lateral, o pilar parede incrementa as forças que este deve resistir, portanto, no projeto recomenda-se adotar no pilar parede uma rigidez que evite ao máximo este efeito.

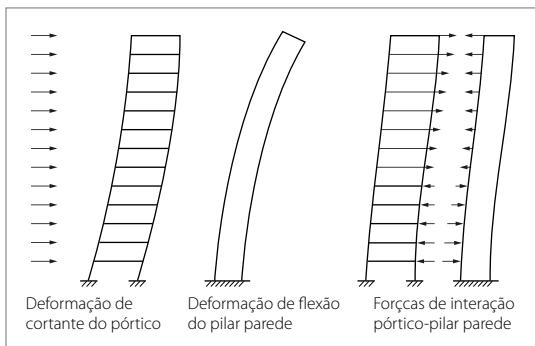


Fig. 4. Interação pórtico - pilar parede ante cargas laterais.



Fig. 5. Armadura de reforço de viga de acoplamento.

As flexões induzidas no pavimento pela flexão dos pilares paredes, devem ser avaliadas com atenção, particularmente em pavimentos sem vigas ou com escassa rigidez à flexão. Os pilares paredes têm elevadas seções de momento de inércia no seu plano e como existe compatibilidade de deslocamentos, as seções transversais forçarão os pavimentos a deslocar-se do mesmo modo que elas (fig. 6), provocando momentos fletores e forças cortantes elevadas.

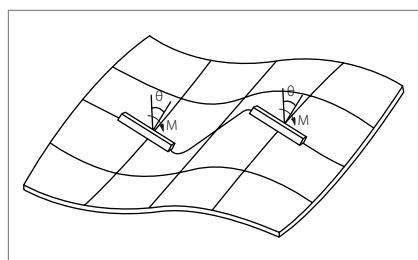


Fig. 6. Compatibilidade de deslocamentos entre laje do pavimento e pilares parede.

4.3 – Núcleos de rigidez

Os núcleos de rigidez são uma associação de pilares paredes formando seções com aberturas que podem ser parcialmente fechadas mediante vigas ou as lajes do pavimento. Estas seções têm elevadas rigidez lateral e à torção, resultando ótimas para suportar quase a totalidade da carga lateral.

O núcleo trabalha em torção restringida, o que ocasiona um efeito de empenamento (warping) que, em estruturas com torção elevada, pode dar tensões da mesma ordem que as de flexão. O fechamento parcial da seção do núcleo aumenta notavelmente a rigidez e a torção, e diminui o empenamento reduzindo as tensões causadas por este.

O cálculo deste efeito deve ser tratado seguindo a teoria da torção restrinida em seções de paredes delgadas, pois as soluções analíticas são complexas e aplicáveis a casos específicos.

Muitos dos modernos programas de análise estrutural disponíveis no mercado permitem modelar os pilares paredes utilizando elementos finitos, neste caso na resposta estrutural já são considerados estes efeitos de torção.

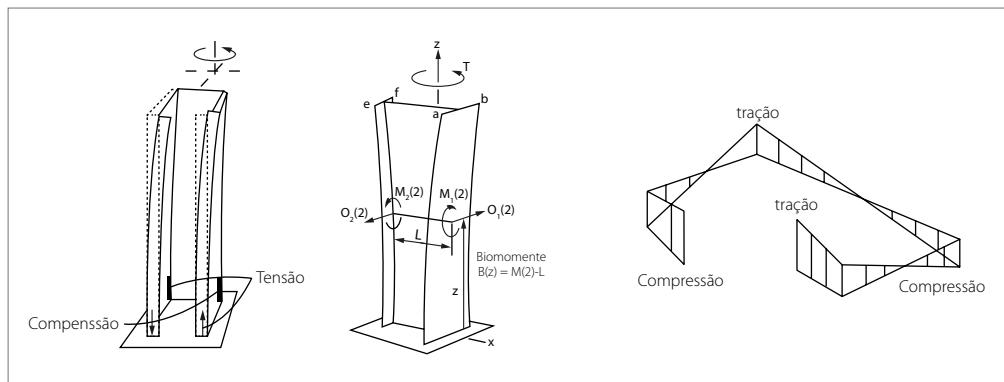


Fig. 7. Efeito de empenamento e tensões causadas pela torção restringida em núcleos rígidos abertos.

4.4 – Fluênci a, retração, sequênci a de construção e efeitos de temperatura

Estes são aspectos aos quais muitas vezes não se dá atenção adequada. Em edifícios altos é frequente a existência de elementos adjacentes com quantidades de armadura diferentes, causadas pela distribuição não uniforme das cargas verticais e laterais. Como consequência disso, existirá encurtamento diferente em elementos adjacentes, causando forças interiores na estrutura.

Em pilares próximos a núcleos de rigidez, o encurtamento diferencial pode ser de magnitude notável, uma vez que o núcleo sofrerá deformações de fluênci a e retração muito maiores que o pilar, por ter cargas de compressão, seção transversal e uma quantidade maior de armaduras. Os efeitos destes movimentos diferenciais são acumulativos, e portanto, crescem com a altura do edifício, sendo maiores nos pisos superiores.

A distribuição de núcleos de rigidez que restringem os deslocamentos nas lajes do pavimento entre eles, pode criar concentrações de tensões elevadas nas proximidades destes, quando atuam em cargas de retração e variação de temperatura.

Os esforços internos causados por variações de temperatura devem ser avaliados com cuidado. Em edifícios altos, a dilatação dos elementos da fachada exposta à radiação solar pode diferir notavelmente do resto da estrutura. Além disto, deve somar-se o possível uso de ar-condicionado no interior do edifício, que pode acrescentar a diferença de temperatura entre o exterior e interior, gerando efeitos adicionais na estrutura.

A sequênci a de construção é outro elemento importante. A consideração das cargas de construção durante as etapas construtivas e as mudanças de seções ocasionadas pelo processo de execução, podem alterar significativamente os esforços internos.

4.5 – Rigidez, deslocamentos laterais limites.

O ponto mais importante no projeto de um edifício não é que este seja resistente. As estruturas são construídas para cumprir uma função e esse é o objetivo fundamental, a resistência é só um dos itens que o engenheiro deve garantir para que a estrutura possa desempenhar sua determinada função.

O dimensionamento do sistema resistente a carga lateral, sejam pórticos, pilares paredes, ou núcleos de rigidez, deve ser feito para garantir segurança e conforto. Os deslocamentos laterais podem fazer que o efeito p-delta seja de magnitude importante.

Estes deslocamentos, totais no topo ou relativos entre pavimentos, devem ficar dentro dos valores admissíveis estabelecidos nas normas, além disso, estruturas muito flexíveis podem ter vibrações ou deslocamentos laterais excessivos, criando fissuras em alguns casos ou sensação de insegurança e desconforto nas pessoas.

4.5 – Módulo Pilares esbeltos e pilares-parede do programa Eberick

O **Eberick** analisa os pilares como elementos de barra em um modelo de pórtico espacial, ou seja, considera todos estes elementos como pilares. O usuário é avisado se são necessárias verificações adicionais, por exemplo, concentrações de tensão e efeitos de segunda ordem localizados.

O módulo pilares com seção composta acrescenta ao AltoQi **Eberick** diversas seções transversais para os pilares moldados in loco: retangular vazada, T, I, U, + e L aberto. Com a seção transversal de pilar do tipo "L aberto" é possível lançar além do pilar em L tradicional, pilares de concreto moldado in loco em formato L com ângulo entre abas diferente de 90°. Com isso, podem-se lançar pilares em "L aberto" (ângulo entre abas maior que 90°) e pilares em "L fechado" (ângulo entre abas menor que 90°)

Quando a seção de um pilar é muito alongada, assemelhando-se a uma parede, algumas hipóteses básicas adotadas para o dimensionamento de elementos lineares não são mais válidas, devendo o pilar ser analisado como um elemento de superfície para o qual pode-se utilizar a analogia de grelha ou método de elementos finitos.

O módulo pilares esbeltos e pilares-parede permite realizar adequadamente o dimensionamento de pilares esbeltos - com índice de esbeltez maior que 90 - com utilização do Método do pilar-padrão acoplado a diagramas M, N, 1/r segundo a NBR 6118:2014. Também permite o lançamento de pilares-parede e o devido dimensionamento, considerando os efeitos localizados de 2ª ordem conforme o item 15.9.3 da NBR 6118:2014.

Com este módulo é possível realizar o dimensionamento de pilares-parede, onde podem existir efeitos de 2ª ordem localizados, provocados pela atuação combinada das cargas e momentos. Nestes casos, o programa decompõe a seção do pilar em faixas analisadas isoladamente. Esta verificação é integrada ao processo iterativo de cálculo das armaduras do pilar, atendendo tanto à verificação da seção completa como por faixas.

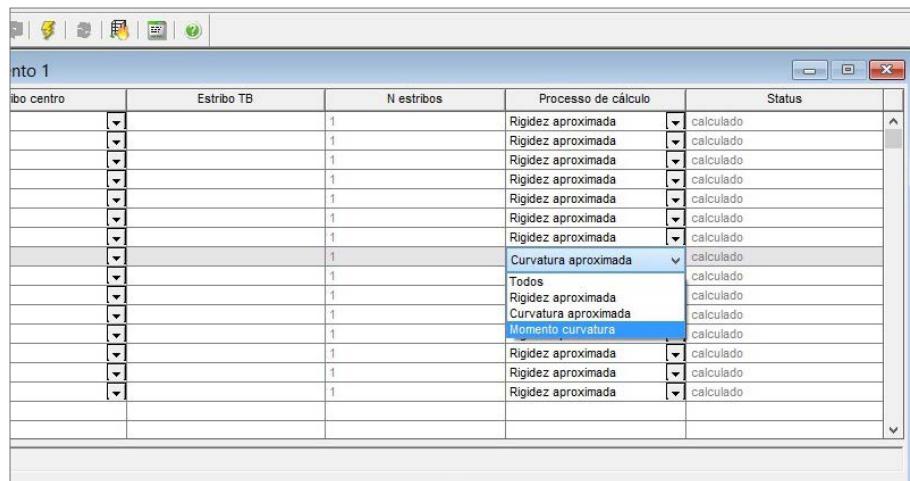


Fig. 5. Seleção do método de cálculo de pilares no Eberick

Este módulo também incorpora o método de dimensionamento de pilares, chamado “pilar padrão acoplado a diagramas $M_x N_x 1/r$ ”, com o qual a NBR 6118:2014 permite o dimensionamento de pilares com esbeltez até 140, caso a esbeltez na direção secundária do pilar não seja relevante.

Por utilizar-se de um processo mais preciso para determinação dos efeitos de 2^a ordem, em alguns casos o resultado pode apresentar armaduras menores nesses pilares. O usuário pode escolher entre qualquer um dos métodos existentes, buscando a alternativa mais econômica ou mais crítica. O detalhamento é totalmente automático.

No caso de pilares paredes de seções complexas como o mostrado na figura 6, o programa permite utilizar também a analogia de grelha.

Como resultado do contínuo esforço da equipe do **Eberick** para melhorar os modelos de análise e as capacidades de cálculo do programa, foi incluída a possibilidade de modelar os pilares paredes mediante o método dos elementos finitos, sendo é possível selecionar se o modelo será calculado mediante analogia de grelha ou mediante elementos finitos. Este método, como vimos anteriormente, é completamente geral e permite resolver todos os problemas e situações apresentados anteriormente.

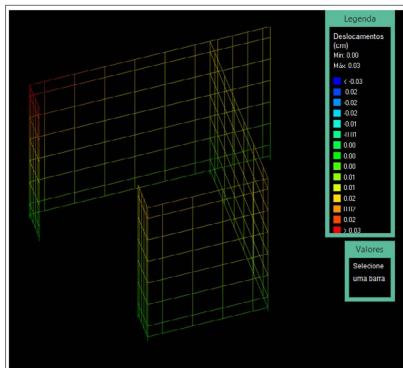


Fig. 6. Pilar parede modelado mediante analogia de grelha no Eberick.

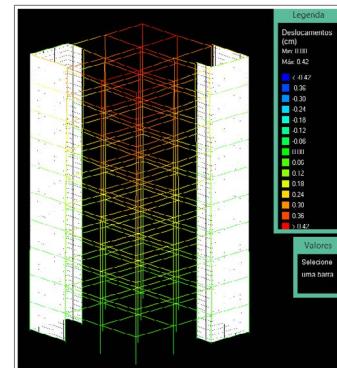


Fig. 6. Edifício com Pilares paredes modelados mediante o Método dos elementos finitos no Eberick.

A AltoQi pode ajudar você a encontrar um software adequado para elaboração dos seus projetos. [Saiba mais!](#)

Conclusão

Os pilares paredes devem garantir resistência e rigidez durante a transmissão das forças verticais e laterais que atuam na estrutura até a base. Na medida em que os modelos de cálculo são mais rigorosos, resultam mais complexos e requerem de mais tempo e capacidade de processamento para solução. Esse é um fator importante na hora de selecionar o programa e o modelo de análise do pilar parede.

O trabalho estrutural dos pilares paredes é tridimensional e complexo, pois estão submetidos à ação simultânea de carga axial, momentos nos dois planos principais da seção e, às vezes, efeitos de torção restrinida que causam empenamento ou distorção. O modelo de cálculo selecionado deve considerar essas características.

Os métodos rigorosos para o cálculo de pilares considerando as não linearidades físicas, geométricas e efeitos de segunda ordem - como o efeito P-delta e efeitos localizados -, são iterativos e requerem um grande número de cálculos e combinações de carregamento a avaliar.

A análise de seções de pilares paredes com aberturas, irregularidades geométricas, pilares acoplados e núcleos de rigidez com seções abertas ou parcialmente abertas, requerem modelos de análise mais rigorosos, como a analogia de grelha ou elementos finitos, de preferência o último.

A avaliação da interação entre o pilar parede e as lajes e vigas do pavimento com o restante da estrutura é complexa, e deve ser avaliada cuidadosamente. Essa avaliação deve considerada na hora de selecionar o modelo de pilar parede a usar.

Lembre sempre, uma seleção errada do modelo de análise produzirá resultados errados. Um modelo adequado para cargas verticais e laterais que não produzem torção, pode não funcionar bem se este efeito estiver presente. Um modelo adequado para análise estática pode não ser bom para análise dinâmica.

[Conecte-se a minha conta no linkedin](#)





ALTO Qi

Tecnologia aplicada à engenharia