

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho fixa os requisitos básicos exigíveis para o projeto e a execução de construções em paredes de concreto moldadas *in loco*, com fôrmas removíveis, submetidas a carga axial, com ou sem flexão, concretadas com todos os elementos que farão parte da construção final. O documento estabelece as disposições construtivas e as condições de cálculo para diferentes tipos de concreto, pautando-se nas seguintes normas técnicas:

- ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto
- ABNT NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- ABNT NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações
- ABNT NBR 7480 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação
- ABNT NBR 7481 – Tela de aço soldada – Armadura para concreto
- ABNT NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas
- ABNT NBR 8953 – Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência
- ABNT NBR 14862 – Armaduras treliçadas eletrossoldadas – Requisitos

O texto contempla:

- Escopo da norma / Referências normativas / Termos e definições / Simbologia
- Requisitos gerais de qualidade da estrutura e do projeto
- Diretrizes para a durabilidade das estruturas de concreto
- Critérios de projeto que visam a durabilidade / Propriedades dos materiais
- Comportamento conjunto dos materiais / Segurança e estados limites
- Ações / Resistências / Limites para dimensões, deslocamentos e aberturas de fissuras
- Análise estrutural / Instabilidade e efeitos de segunda ordem
- Princípios gerais de dimensionamento, verificação e detalhamento
- Dimensionamento / Dano acidental e colapso progressivo / Disposições construtivas

ORIENTAÇÕES PARA PROJETOS DE EDIFÍCIOS ALTOS

SUMÁRIO

- 1_ escopo**
- 2_ referências normativas**
- 3_ termos e definições**
- 4_ simbologia**
- 5_ requisitos gerais de qualidade da estrutura e do projeto**
- 6_ diretrizes para a durabilidade das estruturas de concreto**
- 7_ critérios de projeto que visam a durabilidade**
- 8_ propriedades dos materiais**
- 9_ comportamento do conjunto dos materiais**
- 10_ segurança e estados limites**
- 11_ ações**
- 12_ resistências**
- 13_ limites para dimensões, deslocamentos e aberturas de fissuras**
- 14_ análise estrutural**
- 15_ instabilidade e efeitos de segunda ordem**
- 16_ princípios gerais de dimensionamento, verificação e detalhamento**
- 17_ dimensionamento**
- 18_ dano acidental e colapso progressivo**
- 19_ disposições construtivas**

1_ESCOPO

Este documento fixa os requisitos básicos exigíveis para o projeto e a execução de construções em paredes de concreto moldadas *in loco*, com fôrmas removíveis.

Este documento aplica-se ao projeto de paredes submetidas a carga axial, com ou sem flexão, concretadas com todos os elementos que farão parte da construção final, tais como detalhes de fachada (frisos, rebaixos), armaduras distribuídas e localizadas, instalações elétricas (e algumas hidráulicas) embutidas.

Este documento estabelece as disposições construtivas e as condições de cálculo para diferentes tipos de concreto.

Este documento não se aplica a:

- Construção de paredes pré-fabricadas;
- Construções moldadas *in loco* com fôrmas incorporadas;
- Construções com paredes curvas;
- Construções com paredes submetidas ao carregamento predominantemente horizontal, como muros de arrimo ou reservatórios.

2_REFERÊNCIAS NORMATIVAS

- ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto
- ABNT NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- ABNT NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações
- ABNT NBR 7480 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação
- ABNT NBR 7481 – Tela de aço soldada – Armadura para concreto
- ABNT NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas
- ABNT NBR 8953 – Concreto para fins estruturais
Classificação por grupos de resistência
- ABNT NBR 14862 – Armaduras treliçadas eletrossoldadas – Requisitos

3_TERMOS E DEFINIÇÕES

Para efeitos deste documento aplicam-se as definições da ABNT NBR 6118.

4_SIMBOLOGIA

Conforme ABNT NBR 6118.

5_REQUISITOS GERAIS DE QUALIDADE DA ESTRUTURA E DO PROJETO

5.1_requisitos de qualidade da estrutura

Uma estrutura em paredes de concreto deve ser projetada e construída de modo que:

- Resista a todas as ações que sobre ela produzam efeitos significativos tanto na sua construção quanto durante a sua vida útil;
- Sob as condições ambientais previstas na época de projeto e, quando utilizada conforme preconizado em projeto, conserve sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil;
- Contemple detalhes construtivos que possibilitem manter a estabilidade pelo tempo necessário à evacuação quando da ocorrência de ações excepcionais localizadas, como explosões e impactos.

5.2_requisitos de qualidade do projeto

O projeto de uma estrutura em paredes de concreto deve ser elaborado adotando-se:

- Sistema estrutural adequado à função desejada para a edificação;
- Combinação de ações compatíveis e representativas;
- Dimensionamento e verificação de todos os elementos estruturais presentes;
- Especificação de materiais apropriados e de acordo com os dimensionamentos efetuados;
- Procedimentos de controle para projeto.

5.3_documentação do projeto de estruturas de paredes de concreto

O projeto estrutural deve ser constituído por desenhos e especificações. Esses documentos devem conter informações claras, corretas e consistentes entre si, tornando possível a execução da estrutura de acordo com os critérios adotados.

O projeto deve apresentar desenhos contendo as plantas de fôrmas e elevações das paredes com a respectiva armação. Sempre que necessários, devem ser apresentados: localização de pontos de reforços, detalhes de amarração de paredes com paredes, paredes com laje e posicionamento de juntas de controle ou construtivas.

Dependendo da velocidade de execução da estrutura, o projeto deverá contemplar as etapas construtivas com as respectivas idades e resistências do concreto, tendo em vista a capacidade resistente das lajes junto às escoras e a fissuração oriunda do processo construtivo.

6_DIRETRIZES PARA A DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Aplicam-se as exigências da ABNT NBR 6118.

Observe-se que tendo em vista termos telas centradas com cobrimentos maiores que o especificado pela NBR 6118, **analisaremos um requisito mínimo para o concreto (f_{ck} , relação a/c) que corresponda à mesma durabilidade prevista em Norma.**

7_CRITÉRIOS DE PROJETO QUE VISAM A DURABILIDADE

Aplicam-se as exigências da ABNT NBR 6118 para os concretos normais, tipo N, conforme 8.1. As paredes devem ter cobrimentos de armaduras referentes a pilares da referida norma.

Para os outros tipos de concreto (L1, L2 e M), não se aplicam os requisitos de 7.4.2 da NBR 6118:2003, devendo ser feitas adaptações devidamente comprovadas por meio de ensaios acelerados ou não, modelos de previsão etc.

8_PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

8.1_concreto

O concreto deverá seguir as especificações da ABNT NBR 6118, segundo a classe de agressividade.

Para a análise das tensões devidas à retração deve-se utilizar, na falta de ensaios específicos, o que estabelece a ABNT NBR 6118. Ver observação em 14.1.4.

8.2_aço

8.2.1_telas soldadas

Conforme ABNT NBR 7481.

8.2.2_barras

Conforme ABNT NBR 7480.

9_COMPORTEAMENTO DO CONJUNTO DOS MATERIAIS

Conforme ABNT NBR 6118.

10_SEGURANÇA E ESTADOS LIMITES

Conforme ABNT NBR 6118.

11_AÇÕES

11.1_generalidades

As ações a considerar classificam-se de acordo com a ABNT NBR 8681.

Devem ser consideradas todas as cargas laterais a que a parede possa ser submetida, inclusive cargas de desaprumo, de acordo com 11.2 a 11.5.

Admitem-se para edifícios residenciais de tipologia regular as hipóteses simplificadoras do item 17.2.

11.2_esforços solicitantes

O cálculo dos esforços solicitantes deve ser realizado de acordo com os princípios da teoria das estruturas.

Os edifícios de paredes de concreto devem ser contraventados de tal forma que não ocorram grandes deslocamentos relativos entre o topo e a base. Esta condição admite-se atendida quando:

- Dispõem-se paredes resistentes nas duas direções, de modo a proporcionar estabilidade lateral dos componentes e ao conjunto estrutural; devendo-se atentar à necessidade de garantir a rigidez da ligação entre as paredes de modo a minimizar a esbeltez destas.
- A laje é calculada como solidária com as paredes resistentes e funcionando como diafragma rígido, de forma a transferir a estas os esforços horizontais. Permite-se o cálculo das reações das lajes pelo método das charneiras plásticas, porém os esforços devidos a flexão devem ser criteriosamente determinados, de forma a garantir a monoliticidade do diafragma e a conexão deste com as paredes.

11.3_cargas verticais nas paredes

O carregamento vertical das paredes deve considerar todas as cargas atuantes sobre ela, de acordo com a ABNT NBR 6120.

Considera-se que as cargas atuam no plano médio das paredes de concreto, que devem ser calculadas como estruturas de casca plana, podendo seus esforços característicos ser obtidos em regime elástico, desde que as premissas do item 17.2 sejam obedecidas.

11.3.1_cargas uniformemente distribuídas

As cargas verticais são admitidas uniformemente distribuídas e aplicadas nas paredes de concreto, que podem ser tratadas como elementos de chapa. Em certas situações, as cargas assumem um caminhamento inclinado ao longo das paredes de concreto, redistribuindo-se inclusive entre paredes adjacentes. Nesta condição, devem ser verificadas as tensões de cisalhamento nas paredes e entre elas. O ângulo limite do caminhamento das cargas é de 45°.

11.3.2_cargas concentradas ou parcialmente distribuídas

Nas paredes estruturais, uma carga concentrada ou parcialmente distribuída pode ser suposta repartida uniformemente em seções horizontais limitadas por um dos planos inclinados a 45° sobre a vertical e passando pelo ponto de aplicação de carga ou pelas extremidades da faixa de aplicação. Deve-se observar a tensão de contato conforme 17.7.

11.3.3_distribuição de cargas devidas às aberturas

Nas seções horizontais acima e abaixo de eventuais aberturas, a distribuição da carga deve ser feita excluindo as zonas limitadas por planos inclinados a 45°, tangentes às bordas da abertura. Observar o dimensionamento destas regiões em 17.8.

11.4_ações transversais ao edifício

As ações horizontais que devem obrigatoriamente ser consideradas são as originadas pelo vento e pelo desaprumo, não se prescindindo das demais ações que, na avaliação do projetista, possam produzir esforços relevantes. Considerar dentre a ação do vento e o desaprumo aquela que proporcionar a situação mais desfavorável.

A expressão de dimensionamento deverá levar em conta estes esforços.

11.4.1_ação do vento

Para a consideração da ação do vento deve ser seguida a ABNT NBR 6123.

11.4.2_desaprumo

Para edifícios de múltiplos andares, deve ser considerado um desaprumo global através de um ângulo de desaprumo θ , conforme a equação:

$$\theta = \frac{1}{170\sqrt{H}}$$

onde:
 θ é o ângulo de desaprumo, em radianos;
 H , é a altura da edificação, em metros.

11.5_coeficiente de ponderação dos esforços

Seguir a NBR 6118 quanto a combinações (serviço e ELU). Lembrar que, no caso das paredes, a consideração da retração e da variação da temperatura pode ser determinante em muitos casos.

12_RESISTÊNCIAS

Tendo em vista o escopo deste documento, a resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}) não deve ser tomada superior a 40 MPa.

13_LIMITES PARA DIMENSÕES, DESLOCAMENTOS E ABERTURAS DE FISSURAS

13.1_dimensões mínimas

A espessura mínima das paredes com altura de até 3 m deve ser de 10 cm, podendo-se utilizar espessura de 8 cm nas paredes internas de edificações de até dois pavimentos. Para paredes com alturas maiores, a espessura mínima deve ser de 1/25 ou 1/30 do l_e obtido de acordo com o disposto em 17.2.

13.2_serão determinados os demais limites para as situações de serviço

14 ANÁLISE ESTRUTURAL

14.1 disposições gerais

14.1.1 objetivos da análise estrutural

A análise estrutural deve permitir que se obtenham esforços internos, tensões, deslocamentos e deformações em um elemento ou em toda a estrutura, de modo que os estados limites últimos e de serviço possam ser corretamente verificados.

14.1.2 premissas da análise estrutural

A análise de uma estrutura de paredes de concreto deve ser realizada considerando o equilíbrio de cada um dos seus elementos e da estrutura como um todo.

O caminho descrito pelas ações, sejam elas verticais ou horizontais, deve estar claramente definido desde o seu ponto de aplicação até onde se suponha o final da estrutura.

Contemplar também a análise das interferências com os outros subsistemas (outras vedações, instalações elétricas, hidráulicas...).

14.1.3 hipóteses básicas

Admite-se válida a análise elástico linear para obtenção dos esforços solicitantes e para análise das situações de serviço.

Deverão ser especificadas as combinações a utilizar (combinação rara, frequente, quase permanente ou outra).

Para análise das situações de ELU, na falta de modelo mais preciso, admite-se a utilização dos esforços solicitantes obtidos pela análise linear com o objetivo de obter-se as resultantes solicitantes em valor característico que serão utilizadas no dimensionamento conforme prescrição do capítulo 17.

14.1.4 premissas básicas de concepção de projeto

As estruturas de paredes de concreto projetadas e construídas de acordo com este documento devem atender às seguintes premissas básicas:

- Comprimento da parede maior ou igual a oito vezes a sua espessura (para caracterizar o elemento de parede de concreto); os casos não atendidos por esta prescrição deverão ser dimensionados como elemento linear de pilar ou viga;
- Espessura da parede maior ou igual a 10 cm, observando-se que nas construções com até dois pavimentos podem ser utilizadas paredes com espessura maior ou igual a 8 cm, ressalvada a necessidade da análise do desempenho como vedação por especialista específico;
- Paredes predominantemente comprimidas com pequenas excentricidades (conforme item 17.2) poderão ser tratadas pelo critério simplificado de dimensionamento (conforme item 17.5);
- Resistência característica à compressão no concreto (f_{ck}) menor ou igual a 40 MPa. Os modelos de análise atuais não são suficientes para capturar a real influência da perda de rigidez relativa dos concretos de alta resistência para os fenômenos de instabilidade;

- Os esforços causados pelas restrições devido aos efeitos da variação volumétrica por retração e dilatação térmica devem ser considerados e dimensionados;
- Apesar de não obrigatória, é aconselhável a utilização de uma disposição na organização das paredes, de forma a obter células fechadas.

15_INSTABILIDADE E EFEITOS DE SEGUNDA ORDEM

15.1_instabilidade global

De acordo com 15.5 da ABNT NBR 6118:2003.

15.2_instabilidade local

Deverá ser remetido à NBR 6118, a não ser em casos simplificados a descrever.

15.3_instabilidade localizada

De acordo com a ABNT NBR 6118 ou conforme o procedimento de 17.5 (mesma restrição do item 15.2).

16_PRINCÍPIOS GERAIS DE DIMENSIONAMENTO, VERIFICAÇÃO E DETALHAMENTO

Conforme ABNT NBR 6118.

Deverão ser descritos os casos especiais de detalhamento não abrangidos pela NBR 6118 (armadura de canto, armaduras devidas ao processo construtivo, como desforma precoce, escoramento permanente...).

17_DIMENSIONAMENTO

17.1_generalidades

As paredes devem ser construídas monoliticamente e com armadura de ligação, seja na ligação parede com parede, seja na ligação parede com laje em todas as suas bordas. Qualquer elemento pré-moldado não deve invadir a seção da parede.

As paredes devem ter extremidades com travamento de no mínimo três vezes a espessura da parede. No caso de não ser possível o travamento, a parede deve ser parcialmente calculada como pilar ou pilar parede.

As paredes que não estiverem continuamente apoiadas em outro elemento (parede inferior ou fundação contínua) devem ter esta região não apoiada analisada como viga-parede (ver 17.9).

O cálculo das lajes deve seguir as exigências da ABNT NBR 6118.

Não é permitida a abertura de paredes ou sua remoção sem consulta ao projetista da obra. Esta observação deve constar nos desenhos do projeto.

17.2 premissas básicas de dimensionamento

As estruturas de paredes de concreto projetadas e construídas de acordo com este documento devem atender às seguintes premissas básicas:

- Trechos de parede com comprimento menor que oito vezes a sua espessura devem ser dimensionados como pilar ou pilar-parede;
- Trechos de parede que tenham tensão solicitante característica superior a $0,20 f_{ck}$ devem ser dimensionados como pilar ou pilar-parede;
- Paredes devem ser dimensionadas à flexo-compressão para o maior valor entre as seguintes excentricidades:
 - Excentricidade mínima de $(1,5 + 0,03 t)$ cm, onde t é a espessura da parede;
 - Excentricidade decorrente da pressão lateral do vento nas paredes externas.
- Paredes com excentricidades maiores devem ser calculadas pela ABNT NBR 6118;
- Comprimento equivalente da parede (ℓ_e), de acordo com a Figura 1.

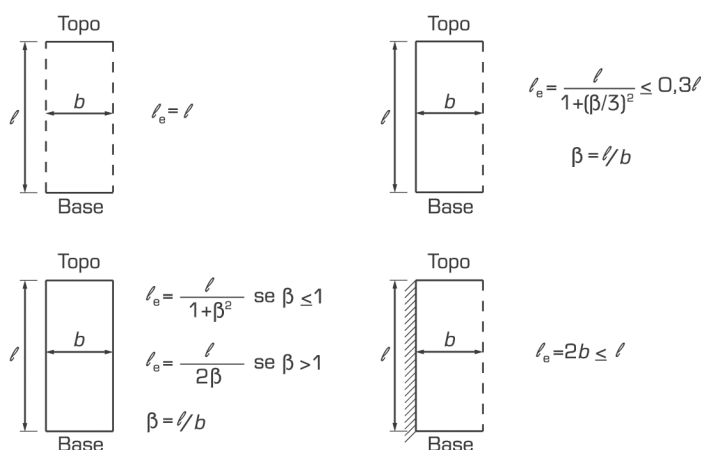


Figura 1 - Comprimento equivalente ℓ_e

17.3 armadura mínima

17.3.1 seção de aço

Devem ser utilizados os aços definidos em 8.2.

A seção mínima de aço das armaduras verticais deve corresponder a, no mínimo, 0,10% da seção de concreto. Para construções de até dois pavimentos, permite-se a utilização de armadura mínima equivalente a 70% destes valores.

A seção mínima de aço das armaduras horizontais deve corresponder a, no mínimo, 0,15% da seção de concreto. No caso de paredes com até 6 m de comprimento horizontal, permite-se a utilização de armadura mínima equivalente a, no mínimo, 66% destes valores, desde que se utilizem fibras ou outros materiais que, comprovadamente, contribuam para minorar a retração do concreto. Ver item 14.1.4. Respeitada esta condição, as construções de até dois pavimentos admitem uma armadura mínima de 40% do valor especificado.

A armadura de ligação nos cruzamentos de paredes deverá observar o mínimo estabelecido para a armadura horizontal.

17.3.2_espacamento entre barras de aço

O espaçamento máximo entre barras das armaduras verticais e horizontais não deve ser maior que duas vezes a espessura da parede, sendo de, no máximo, 30 cm.

17.3.3_quantidade de malhas

As paredes de concreto podem conter apenas uma malha, disposta longitudinalmente e próxima ao centro geométrico da seção horizontal da parede. Nos casos a seguir, devem ser detalhadas armaduras para as duas faces da parede:

- Espessura da parede superior a 15 cm;
- Paredes no andar térreo de edificações, quando sujeitas a choque de veículos, e paredes que engastam marquises e terraços em balanço.

17.4_reforços horizontais

Sempre que as paredes tenham a borda superior livre deve existir armadura horizontal com valor mínimo de 0,5 cm², em toda a sua extensão.

Em todas as aberturas com dimensão horizontal maior ou igual a 40 cm devem ser colocadas armaduras horizontais, nas faces superior e inferior da abertura, sendo a seção da armadura determinada por modelo elástico ou biela-tirante, respeitando o mínimo de 0,5 cm² em cada face e comprimento que ultrapasse a face lateral da abertura em no mínimo o comprimento de ancoragem da barra acrescido de 1/4 do vão da abertura. Pode-se alternativamente utilizar o dimensionamento proposto em 17.8.

17.5_resistência limite sob solicitação normal

17.5.1_resistência de cálculo sob normal de compressão

A resistência de cálculo deve ser determinada conforme a equação a seguir, já levando em consideração a minoração referente à instabilidade localizada (15.3) com as excentricidades previstas em 17.2.

$$n_{d,resist} = \frac{(0,85 \cdot f_{cd} + \rho \cdot f_{scd}) \cdot t}{k_1 [1 + 3k_2 (2 - k_2)]} \leq \frac{(0,85 \cdot f_{cd} + \rho \cdot f_{scd}) \cdot t}{1,643} \quad \text{(para uma pressão máxima de vento de 1 kN/m}^2\text{)}$$

onde:

$n_{d,resist}$ normal resistente de cálculo em unidade de comprimento admitida no plano médio da parede

ρ a taxa geométrica da armadura vertical da parede, **que deverá ter uma limitação superior, com valor relativamente pequeno, devido à pouca eficiência do aço na capacidade resistente da parede.**

t a espessura da parede

sendo:

$$f_{scd} = E_S \cdot 0,002 / \gamma_S$$

$$\gamma_C = 1,4 \cdot 1,2 = 1,68$$

$$35 \leq \lambda \leq 86 \Rightarrow k_1 = \lambda / 35, k_2 = 0$$

$$86 < \lambda \leq 120 \Rightarrow k_1 = \lambda / 35, k_2 = \frac{\lambda - 86}{35}$$

Observação: Para valores de pressões laterais sobre as paredes maiores que 1 kN/m² será desenvolvida outra expressão (permitindo-se a interpolação entre os dois valores).

17.5.2_verificação à compressão

O dimensionamento fica atendido se os esforços solicitantes por metro linear obtidos pelo modelo de cálculo forem menores que a normal resistente de cálculo definida em 17.5.1, em cada um de seus trechos.

Considerando que todos os casos e combinações de carregamento necessários foram contemplados, para cada trecho de parede a ser verificado e para cada caso ou combinação considerada permite-se considerar que a segurança ao estado limite último foi atendida para as solicitações normais sempre que a expressão abaixo é atendida:

$$\frac{3n_{d,max} + n_{d,min}}{4} \leq n_{d,resist}$$

, com $n_{d,max}$ e $n_{d,min}$ correspondentes ao maior e menor valor, respectivamente, da normal por unidade de comprimento para o caso de carregamento considerado, no trecho escolhido. Os valores representados por $n_{d,max}$ e $n_{d,min}$ devem corresponder aos esforços das seções dos extremos do trecho considerado, sendo que ao longo de toda sua extensão os sinais destes valores se mantêm constantes.

17.5.3_dimensionamento à tração devido a momentos no sentido longitudinal da parede

A força total de tração é resultante da integração do bloco de tensões que ocorre em trechos da parede, considerando-se todos os casos de carregamento e combinações necessários para efeito deste cálculo. Na falta de método mais preciso permite-se utilizar a expressão de 17.5.2.

Cuidados a serem observados no dimensionamento das armaduras:

- 1_ Manutenção da posição da força resultante das tensões de tração resistentes devido à armadura de aço.
- 2_ Compatibilização da deformação do aço com a capacidade de deformação das fibras de concreto adjacentes.

17.6 dimensionamento ao cisalhamento

17.6.1 forças convencionais de cisalhamento

O esforço solicitante total horizontal em uma direção é distribuído por todas as almas das paredes resistentes no mesmo sentido. Em nenhum caso pode-se acrescentar a largura da mesa ou flange em seções transversais do tipo *T* ou *L*.

O esforço solicitante deverá ser obtido considerando-se todos os casos de carregamento e combinações necessários para efeito deste cálculo.

17.6.2 verificação da resistência

A força cortante solicitante de cálculo não pode superar a força resistente de cálculo especificada por:

$$V_d < 0,3 \cdot f_{ctd} \cdot \sum t \cdot l$$

(Esta expressão deverá ser revista tendo em vista a NBR 6118 e a necessidade de prever-se combinações entre cortante e sollicitação de compressão)

onde:

t é a largura das paredes;

l é o comprimento das paredes no sentido do esforço cortante

$$f_{ct,d} = \frac{0,21 \cdot (f_{ck})^{2/3}}{\gamma_c} \quad \text{com } f_{ck} \text{ em megapascal.}$$

17.7 dimensionamento devido a cargas localizadas

A tensão de contato provocada por elementos não contínuos não pode superar o valor de σ_{cont} dado pela equação:

$$\sigma_{cont} = 0,6 \cdot f_{cd}$$

17.8 dimensionamento ao redor das aberturas

17.8.1 região de influência

Considerando-se uma abertura de dimensão horizontal a_h e dimensão vertical a_v tem-se uma região de influência de $0,5 a_h$ de cada lado, horizontalmente, e de $0,75 a_h$ de cada lado, verticalmente. No caso de existirem aberturas na mesma parede, elas devem estar espaçadas de no mínimo a_h (Figura 2). Isto não ocorrendo, o trecho entre as aberturas deve ser dimensionado como pilar ou pilar parede.

Estão dispensadas de qualquer verificação e reforços as paredes com furos ou aberturas com tamanho máximo de duas vezes a espessura da parede. Furos e aberturas consecutivos devem ter um espaçamento livre entre eles de, no mínimo, quatro vezes a espessura da parede.

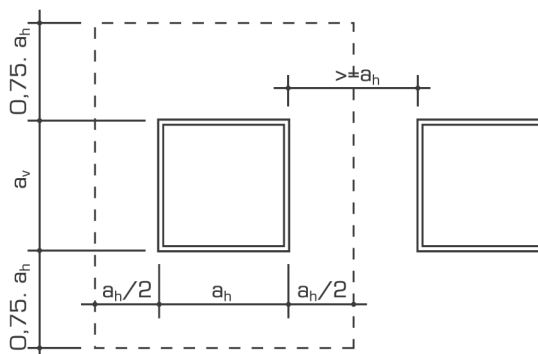


Figura 2 - Ilustração de distribuição horizontal de aberturas em uma parede de concreto

17.8.2_limitação de tensão no concreto

17.8.2.1_definição da distância de influência

A distância de influência d_v é o valor da distância a partir do qual as tensões podem ser consideradas uniformes ao longo de toda a parede, sem a influência da abertura. Este valor aparece entre uma abertura e uma estrutura de apoio fixa [viga de transição ou viga baldrame]. Entre duas aberturas consecutivas verticalmente, deve ser considerada esta uniformização a partir do valor $2d_v$ (Figura 3).

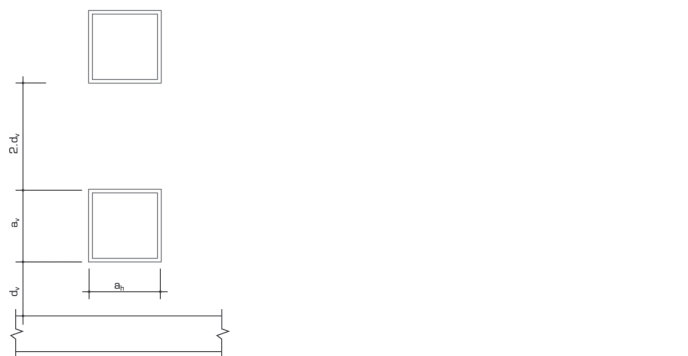


Figura 3 - Ilustração de distribuição vertical de aberturas em uma parede de concreto

17.8.2.2_definição do coeficiente K_{ab}

O coeficiente K_{ab} indica a parcela de carga que se desvia sob a abertura. Este desvio é nulo para aberturas contínuas ($d_v = 0$) e é total para $d_v = 0,75 a_h$. Os valores de K_{ab} variam como estabelecido a seguir:

a) Para: $d_v > 0,75 a_h \Rightarrow K_{ab} = 0,15 \cdot \alpha_{v2}$

Sendo: $\alpha_{v2} = 1 - \frac{f_{ck}}{250}$

onde:
 f_{ck} é a resistência característica do concreto, em megapascal.

b) Para $d_v < 0,75 a_h$, interpolar pelo gráfico da Figura 4, com k_1 e k_2 , conforme 17.5.1.

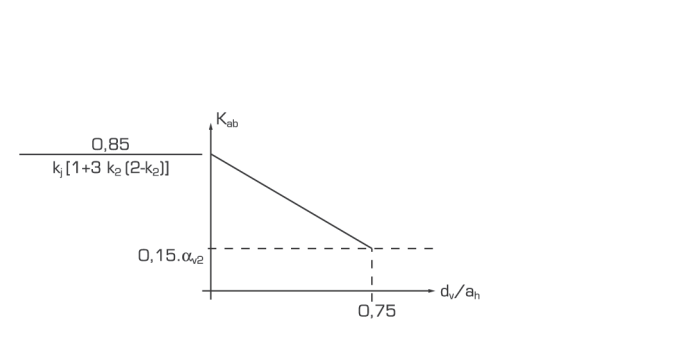


Figura 4 - Valores do coeficiente K_{ab}

17.8.2.3_definição do esforço solicitante

O esforço solicitante a considerar é a maior resultante vertical que ocorrer em cada uma das laterais da abertura na extensão de $a_h / 2$ (maior entre R_1 e R_2 conforme Figura 5).

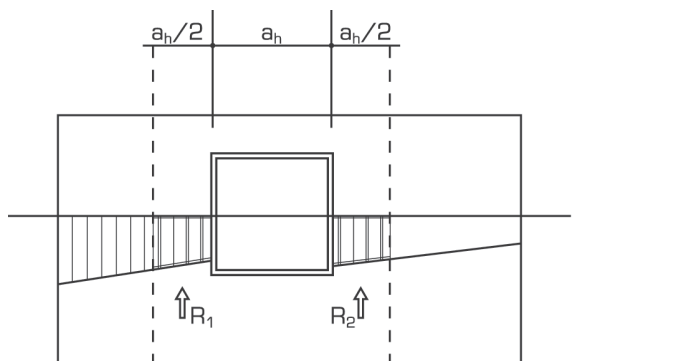


Figura 5 - Esforço solicitante

17.8.2.4_verificação

A verificação deve ser realizada aplicando a equação:

$$R_{d,max} \leq K_{ab} \cdot f_{cd} \cdot t \cdot a_h$$

onde:

$R_{d,max}$ é o maior valor entre R_1 e R_2 , majorado de γ_f .

17.8.3_armaduras de reforço ao redor das aberturas

17.8.3.1_dimensões

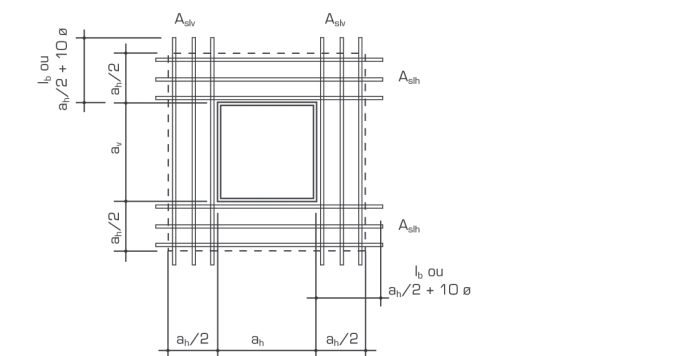


Figura 6 – Armaduras de reforço

As armaduras de reforço ao redor da abertura devem ser distribuídas em faixas com dimensões de $a_h / 2$. Elas devem ter comprimento mínimo além da abertura do maior valor entre: $a_h / 2 + 10 \Phi$ ou l_b

onde:
 l_b é o comprimento de ancoragem.

17.8.3.2_armaduras

A armadura horizontal deve ser o somatório entre a armadura calculada para a função de verga mais a armadura necessária para equilibrar o desvio da força vertical, sendo esta última dada pela expressão:

$$\Delta A_{slh} \geq \frac{R_{d,max}}{2 \cdot f_{yd}} \cdot \frac{d_v}{0,75 \cdot a_h}$$

Na parte inferior da abertura, como contraverga, deve-se colocar no mínimo ΔA_{slh}

$$\frac{A_{slv}}{s} \geq \frac{2 \cdot R_{d,max} - K_{ab} \cdot f_{cd} \cdot t}{a_h \cdot f_{yd}}$$

A armadura vertical de cada lado da abertura deve ser obtida pela equação

17.9_região da transição

O dimensionamento deve, obrigatoriamente, levar em conta os esforços induzidos na parede pela transição, devido à relação de rigidez entre as peças. Este item está sendo motivo de estudos e será divulgado oportunamente.

18_DANO ACIDENTAL E COLAPSO PROGRESSIVO

18.1_disposições gerais

As prescrições a seguir apresentadas têm como objetivos principais:

- Evitar ou reduzir a probabilidade da ocorrência de danos acidentais em elementos da estrutura;
- Evitar colapsos progressivos de uma parte significativa da estrutura no caso da ocorrência de danos acidentais.

Para tanto, devem ser realizadas pelo menos as verificações de 18.2 e 18.3.

18.2_danos_acidentais

18.2.1_danos_diversos

Elementos estruturais que possam estar sujeitos a quaisquer ações fora do conjunto que normalmente é considerado para as estruturas de paredes de concreto devem ser tratados de forma cuidadosa e específica.

Esses elementos devem receber basicamente três tipos de cuidados, que muitas vezes podem ser superpostos:

- Proteção contra a atuação das ações excepcionais através de estruturas auxiliares;
- Reforço com armaduras construtivas para aumentar a ductilidade;
- Consideração da possibilidade de ruptura de um elemento, computando-se o efeito dessa ocorrência nos elementos estruturais adjacentes.

18.2.2_impactos_de_veículos_e_equipamentos

Precauções especiais devem ser tomadas em relação às paredes para as quais não seja desprezível a possibilidade de choques provocados por veículos ou equipamentos que estejam se deslocando junto à estrutura.

No caso de elementos que possam ser submetidos a impactos significativos, recomenda-se a adoção de estruturas auxiliares capazes de impedir a ocorrência desses impactos.

Quando estruturas auxiliares que previnam os danos acidentais não puderem ser utilizadas de forma confiável, as seguintes providências devem ser tomadas simultaneamente:

- Os elementos sob risco devem ser reforçados, utilizando-se armaduras com uma taxa mínima de 0,2% da área da seção transversal;
- As lajes dos pavimentos e os elementos estruturais da vizinhança devem ser dimensionados e detalhados de forma que os elementos passíveis de serem danificados possam ser retirados da estrutura, um de cada vez e com coeficientes de segurança reduzidos, sem que outros elementos do sistema estrutural atinjam o ELU.

18.2.3_explosões

Paredes ao lado de ambientes sujeitos a ocorrência de explosões (por exemplo, cozinhas e laboratórios) devem ser consideradas passíveis de danos por esses efeitos.

Nesse caso, todos os elementos situados no entorno desses ambientes devem ser desconsiderados no sistema estrutural, um de cada vez e com coeficientes de segurança reduzidos, sem que outros elementos do sistema estrutural atinjam o ELU.

18.3_verificação_do_colapso_progressivo

18.3.1_disposições_gerais

No caso de dano acidental a um elemento estrutural deve-se garantir que sua ruptura não provoque a ruptura de parte significativa da estrutura como um todo.

18.3.2_coeficientes de segurança para as paredes de concreto

O dimensionamento dos elementos de paredes de concreto, quanto ao carregamento produzido pela suposição de retirada de um elemento danificado, deve ser realizado considerando-se os coeficientes $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_f = 1,0$.

18.3.3_verificação de pavimentos em paredes de concreto

Recomenda-se para todos os casos e exige-se para as regiões onde haja elementos que possam sofrer danos acidentais que os pavimentos suportem a ausência de elementos de paredes de concreto que lhes servem de suporte, sendo dimensionados e armados adequadamente para essa finalidade.

Para efeitos de verificação, os elementos de suporte devem ser retirados, um de cada vez, e o carregamento deve ser redistribuído. Na redistribuição de esforços pode ser considerado $\gamma_f = 1,0$.

19_DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

19.1_juntas de trabalho

19.1.1_juntas de controle

Para prevenir o aparecimento de fissuras, deve ser analisada a necessidade da colocação de juntas verticais.



nota: a fissuração da parede pode ocorrer por variação de temperatura, retração, variação brusca de carregamento e variação da altura ou espessura da parede.

Para paredes de concreto contidas em um único plano, e na ausência de uma avaliação precisa das condições específicas da parede, devem ser dispostas juntas verticais de controle, com espaçamento máximo que depende do tipo de concreto utilizado. O espaçamento máximo das juntas deve ser determinado com dados de ensaios específicos. Na falta desses ensaios, pode-se adotar o distanciamento máximo de 8 m entre juntas para paredes internas e 6 m para paredes externas.

As juntas podem ser passantes ou não passantes, pré-formadas ou serradas.

19.1.2_juntas de dilatação

Sempre que a deformação por efeito da variação da temperatura puder comprometer a integridade do conjunto recomenda-se o uso de juntas de dilatação, como estabelecido a seguir:

- A cada 25 m da estrutura em planta. Este limite pode ser alterado, desde que se faça uma avaliação mais precisa dos efeitos da variação de temperatura e retração sobre a estrutura.
- Nas variações bruscas de geometria ou de esforços verticais.

19.2 instalações

As tubulações verticais podem ser embutidas nas paredes de concreto se atendidas simultaneamente as seguintes condições:

- Quando a diferença de temperatura no contato entre a tubulação e o concreto não ultrapassar 15°C;
- Quando a pressão interna na tubulação for menor que 0,3 MPa;
- Quando o diâmetro máximo for de 50 mm;
- Quando o diâmetro da tubulação não ultrapassar 50% da largura da parede, restando espaço suficiente para, no mínimo, o cobrimento adotado e a armadura de reforço. Admite-se tubulação com diâmetro até 66% da largura da parede e com cobrimentos mínimos desde que existam telas nos dois lados da tubulação com comprimento mínimo de 50 cm para cada lado.
- Não encostar tubos metálicos nas armaduras para evitar corrosão galvânica.

Não se admitem tubulações horizontais, exceto em casos específicos a determinar.

