Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.1,n.1, 2019/01

ISSN 2178-6925

PROCESSO DE DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE PILARES DE CONCRETO ARMADO

STRUCTURAL DIMENSIONING PROCESS OF ARMED CONCRETE PILLARS

Ingrid Kelly Leal de Assis

Acadêmica de Engenharia Civil do 10º Período pelo Centro Federal de Educação Tecnológica CEFET – MG – Campus X – Curvelo MG - Brasil

E-mail: ingridkelly.leal@gmail.com

Thiago Bonjardim Porto

Mestre em Engenharia Civil pela UFMG e Doutor em Engenharia Civil pela UFOP

Professor no curso de Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica CEFET – MG – Campus X – Curvelo/MG – Brasil

E-mail: thiago.porto@cefetmg.br

Cleide Maria de Oliveira Lovon Canchumani

Doutora em Estudos de literatura pela PUC-RJ

Professora no curso de Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica

CEFET – MG – Campus X – Curvelo/MG – Brasil

E-mail: cleideoliva@yahoo.com.br

Resumo

Pilares são estruturas verticais e se caracterizam por suportar de forma majoritária a compressão. Os pilares possuem as funções de direcionar as cargas à fundação e resistir as forças horizontais solicitantes, desta forma, um efetivo dimensionamento dos pilares é importante para a estabilidade global da estrutura. O procedimento de dimensionamento de pilares de concreto armado necessita entender como um todo, a estrutura de um pilar. Assim, este artigo tem como objetivo retratar o processo de dimensionamento estrutural de pilares de concreto armado previsto na norma NBR 6118/2014, exceto o cálculo da área de aço da sessão transversal, calculada através

de ábacos, apresentando o método geral, métodos aproximados como o método do pilar padrão com curvatura aproximada e o método do pilar padrão com rigidez “κ” aproximada, bem como apresentar as diretrizes que regem todo o processo, incluindo todos os conceitos e bases que se fazem necessários para o melhor entendimento do processo.

Palavras-chave: dimensionamento de pilares, efeitos de segunda ordem, estabilidade.

Abstract

Pillars are vertical structures and are characterized by the majority of compression. The pillars have the functions of directing the loads to the foundation and resisting the horizontal forces requesting, in this way, an effective dimensioning of the pillars, is important for the general stability of the structure. For the procedure for dimensioning reinforced concrete pillars it is necessary to understand the entire structure of a pillar. So, this article aims to portray the structural dimensioning process of reinforced concrete pillars provided for in NBR 6118/2014, except the calculation of the steel area of the cross-section, calculated through abacuses, presenting the general method, Approximate methods such as the standard pillar method with approximate curvature and the standard pillar method with approximate "κ" stiffness, as well as to present the guidelines governing the whole process, including all the concepts and bases that are necessary for a better understanding of the theme.

Key words: dimensioning of columns, second order effects, estability.

1. Introdução

Ao calcular uma estrutura, estabelecemos diretrizes que simulam situações da vida real para dimensionamento, o que pode garantir mais segurança ou não para a mesma. Várias características são importantes e influenciam diretamente na qualidade da mesma. Conforme a NBR 6118/2014, a “[...] durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do concreto do cobrimento da armadura”. Para especificar e definir quais os requisitos a serem cumpridos, a NBR 6118/2014 apresenta algumas tabelas para auxiliar no correto dimensionamento, das quais podemos exaltar:

Tabela 1: Classes de agressividade ambiental (CAA) (Tabela 6.1 da NBR 6118/2014)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana [a, b]	Pequeno
III	Forte	Marinha [a]	Grande
		Industrial [a, b]	
IV	Muito forte	Industrial [a, c]	Elevado
		Respingos de maré	

[a] Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

[b] Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

[c] Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Tabela 2: Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto (Tabela 7.1 da NBR 6118/2014)

Concreto [a]	Tipo [b, c]	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

[a] O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

[b] CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

[c] CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Tabela 3: Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para
Δc = 10 mm (Tabela 7.2 da NBR 6118/2014)

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV [c]
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje [b]	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo [d]	30		40	50
Concreto protendido [a]	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

[a] Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

[b] Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

[c] Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

[d] No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

A NBR 6118/2014 define pilares como elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes. Assim, situações em que as estruturas se comportam sofrendo tração, são inclinadas ou devido as suas dimensões, são consideradas pilares-parede, estas não são consideradas como pilares, e tem sua forma correta de serem dimensionadas. Pilares são estruturas em que duas de suas dimensões. Nesse artigo não será abordado o estudo de pilar-parede. Pilares-parede são:

> Elementos de superfície plana ou casca cilíndrica, usualmente dispostos na vertical e submetidos preponderantemente à compressão. Podem ser compostos por uma ou mais superfícies associadas. Para que se tenha um pilar-parede, em alguma dessas superfícies a menor dimensão deve ser menor que 1/5 da maior, ambas consideradas na seção transversal do elemento estrutural. (NBR 6118/2014)

Por serem estruturas responsáveis por suportar elevada concentração de cargas, os pilares são suscetíveis a diferentes tipos de imperfeições e devem ser dimensionados considerando diferentes tipos de situações que os mesmos podem sofrer na vida real. Tais imperfeições podem ser globais, geradas pelo desaprumo dos elementos verticais de toda a estrutura, ou também locais, onde também é verificado o desaprumo da estrutura, mas de forma local, os quais a NBR6118/2014, define diretrizes claras para esse entendimento.

A NBR 6118 (item 13.2.3) declara que "A seção transversal de pilares e pilares-parede maciços, qualquer que seja a sua forma, não pode apresentar dimensão menor que 19 cm". Esta, ainda explica que apenas em casos especiais, a consideração de dimensões entre 19 cm e 14 cm podem ser consideradas se os esforços solicitantes de cálculo considerados no dimensionamento forem multiplicados por um coeficiente adicional γ_n, de acordo com o indicado na Tabela 13.1 e na Seção 11. Em nenhum caso se permite pilar com seção transversal de área inferior a 360 cm^2, o que representa a seção mínima de 14 x 25,7 cm. A Tabela 4 apresenta o coeficiente adicional. É importante salientar que o texto indica que todos os esforços solicitantes atuantes no pilar devem ser majorados por γ_n, ou seja, a força normal e os momentos fletores que existirem.

Tabela 4: Coeficiente adicional γn para pilares e pilares-parede (Tabela 13.1 da NBR 6118/2014).

b cm	≥ 19	18	17	16	15	14
γ_n	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25

onde

$\gamma_n = 1{,}95 - 0{,}05\ b$;

b é a menor dimensão da seção transversal, expressa em centímetros (cm).

NOTA O coeficiente γ_n deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo quando de seu dimensionamento.

Segundo o American Concrete Institute (1995), pilares são projetados para resistirem as forças fatoradas em todos os pisos ou teto e ao momento máximo de cargas fatoradas em uma única extensão adjacente do piso ou teto em consideração e estabelece também que a condição de carga que dá o máximo de momento para carga axial também deve ser considerada. Ainda acrescenta,

> Para computar momentos de carga gravitacional em colunas, será permitido assumir as extremidades das colunas construídas

> integralmente com a estrutura a ser fixada. E que a resistência a momentos em qualquer andar ou telhado nível deve ser fornecido através da distribuição do momento entre colunas imediatamente acima e abaixo do determinado piso em proporção à rigidez relativa da coluna e condições de restrição.

A NBR 6118/2014, esclarece ainda que pilares podem sofrer compressão simples, que também é chamada compressão centrada ou compressão uniforme, onde a aplicação da força normal N_d é no centro geométrico da seção transversal do pilar, cujas tensões na seção transversal são uniformes e também podem sofrer flexão composta, onde ocorre a atuação conjunta de força normal e momento fletor sobre o pilar. O pilar, pode apresentar flexão composta normal, onde existe a força normal e um momento fletor em uma direção, tal que:

$$M_{dx} = e_{1x} . N_d$$

Também pode apresentar flexão composta oblíqua, onde existe a força normal e dois momentos fletores, relativos às duas direções principais do pilar, tal que:

$$M_{1d,x} = e_{1x} * N_d$$
$$M_{1d,y} = e_{1y} * N_d$$

2. Classificação dos pilares

Segundo José Milton de Araújo (2011), devido à complexidade do problema, as diretrizes atuais permitem uma avaliação simplificada dos esforços nos pilares, inclusive os esforços de segunda ordem e os esforços solicitados pela fluência do concreto. De modo geral, os pilares são classificados em três grupos, em função da importância desses esforços. Os pilares curtos, são os quais, que podem ser desprezados os efeitos de segunda ordem e os efeitos da fluência do concreto. Pilares moderadamente esbeltos, onde os efeitos de segunda ordem e da fluência do concreto são considerados através de processos simplificados e pilares esbeltos, nos quais, ambos os efeitos mencionados devem ser considerados através de processo numérico rigoroso.

Segundo a NBR 6118:2014, item 15.6, o comprimento equivalente l_e do pilar, suposto vinculado em ambas extremidades, é definido da seguinte maneira:

$$l_e \leq \begin{cases} l_0 + h \\ l \end{cases}$$

Onde:

l_0 é a distância entre as faces internas dos elementos estruturais, supostos horizontais, que vinculam o pilar;

h é a altura da seção transversal do pilar, medida no plano da estrutura;

l é a distância entre os eixos dos elementos estruturais aos quais o pilar está vinculado.

No caso de pilar engastado na base e livre no topo, $l_e = 2l$, índice de esbeltez, é calculado da seguinte forma:

$$\lambda = \frac{l_e}{i}$$

Sendo i, o raio de giração, definido por:

$$i = \frac{h}{\sqrt{12}}$$

Através do índice de esbeltez, os pilares, podem ser classificados em:

- pilares curtos :$\lambda \leq \lambda 1$
- pilares moderadamente esbeltos: $\lambda 1 < \lambda \leq 90$
- pilares esbeltos: $90 < \lambda \leq 140$
- pilares muito esbeltos: $140 < \lambda \leq 200$

Segundo a NBR 6118:2014, o índice de esbeltez limite (λ_1) representa o valor que a estrutura começa a perder suas propriedades resistentes, e pode ser calculado pela expressão:

$$\lambda_1 = \frac{25 + 12{,}5\left({}^{e_1}/_{h}\right)}{\alpha_b}$$

Onde, e1 é a excentricidade de 1 ª ordem. O coeficiente αb deve ser obtido conforme estabelecido a seguir:

a) para pilares biapoiados sem cargas transversais:

$$\alpha_b = 0{,}60 + 0{,}40.\frac{M_B}{M_A} \leq 0{,}40$$

sendo

$1{,}0 \leq \alpha_b \leq 0{,}4$

Onde *M*A e *M*B são os momentos de 1ª ordem nos extremos do pilar, obtidos na análise de 1ª ordem no caso de estruturas de nós fixos e os momentos totais (1ª ordem + 2ª ordem global) no caso de estruturas de nós móveis. Deve ser adotado para *M*A o maior valor absoluto ao longo do pilar biapoiado e para *M*B o sinal positivo, se tracionar a mesma face que *M*A, e negativo, em caso contrário.

b) para pilares biapoiados com cargas transversais significativas ao longo da altura:

$$\alpha_b = 1{,}0$$

c) para pilares em balanço:

$$\alpha_b = 0{,}80 + 0{,}20.\frac{M_C}{M_A} \leq 0{,}85$$

sendo

$1{,}0 \leq \alpha_b \leq 0{,}85$

Onde MA é o momento de 1ª ordem no engaste e MC é o momento de 1ª ordem no meio do pilar em balanço.

d) para pilares biapoiados ou em balanço com momentos menores que o momento mínimo estabelecido: $M_{1d,mín} = Nd\,(0{,}015 + 0{,}03h)$

$$\alpha_b = 1{,}0$$

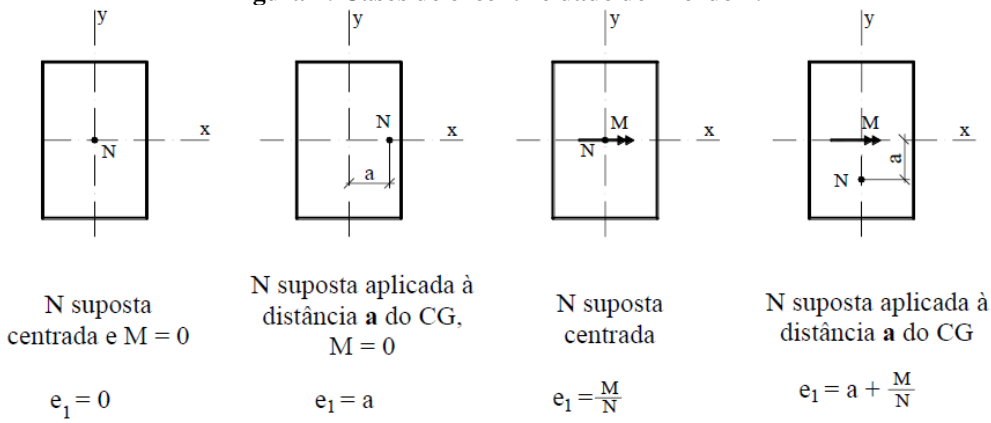
2.1 Características geométricas

As características geométricas dos pilares influenciam diretamente na resultante do carregamento suportado pela estrutura, causando uma excentricidade na mesma. As excentricidades nas estruturas podem ser classificadas como de primeira ou de segunda ordem. Excentricidade de primeira ordem são aquelas devida à possibilidade de ocorrência de momentos fletores externos solicitantes, que podem ocorrer ao longo do comprimento do pilar, ou devido ao ponto teórico de aplicação da força normal não estar localizado no centro de gravidade da seção transversal (BASTOS, P. p 20). A NBR 6118/2014 define excentricidade de segunda ordem através do esforço decorrente do deslocamento horizontal dos nós da estrutura que ocorre sob a ação das cargas verticais e horizontais. Ainda completa:

> Nas barras da estrutura, como um lance de pilar, os respectivos eixos não se mantêm retilíneos, surgindo aí efeitos locais de 2ª ordem que, em princípio, afetam principalmente os esforços solicitantes ao longo delas. Deve assegurar que, para as combinações mais desfavoráveis das ações de cálculo, não ocorra perda de estabilidade nem esgotamento da capacidade resistente de cálculo.

A NBR6118/2014, classifica os pilares como pilares internos, pilares de borda e pilares de canto. De acordo com essa classificação devido sua localização na estrutura geral, os pilares admitem as seguintes formas de excentricidades de primeira ordem:

Figura 1: Casos de excentricidade de 1ª ordem.



Fonte: Pilares de Concreto Armado (2017)

Serão considerados internos os pilares em que se pode admitir compressão simples, ou seja, em que as excentricidades iniciais podem ser desprezadas. Nos pilares de borda, as solicitações iniciais correspondem a flexão composta normal, ou

seja, admite-se excentricidade inicial em uma direção. Para seção quadrada ou retangular, a excentricidade inicial é perpendicular à borda. Pilares de canto são submetidos a flexão oblíqua. As excentricidades iniciais ocorrem nas direções das bordas. (SCADELAI, M; PINHEIRO, L., 2005)

3. Dimensionamento da armadura longitudinal com auxílio de ábacos

O dimensionamento com a utilização de ábacos, não está previsto na NBR6118/2014, mas é um método prático sem a utilização de diversas equações nos casos de flexão composta normal e oblíqua.

Após a classificação do pilar são definidas suas excentricidades, caso o pilar não possuía excentricidade de segunda ordem, a disposição das armaduras dentro do pilar é definida e a partir da excentricidade existente, determina-se o ábaco a ser utilizado, em função do tipo de aço e do valor da relação d'/h. Utilizando os ábacos de VENTURINI (1987) para a Flexão Composta Normal e de PINHEIRO (1994) para a Flexão Composta Oblíqua, o valor adimensional v pode ser definido através da seguinte equação:

$$\nu = \frac{N_d}{A_c . f_{cd}}$$

E o valor de μ, em função do momento fletor ou da excentricidade, é:

$$\mu = \frac{M_d . e_0}{h . A_c . f_{cd}}$$

podendo esta, ser resumida em:

$$\mu = \frac{\nu . e_0}{h}$$

Nos ábacos, com o par μ e v, obtém-se a taxa mecânica ω e a área de aço da sessão transversal pode ser calculada, através da seguinte equação:

$$A_s = \frac{\omega . A_c . f_{cd}}{f_{yd}}$$

Sendo:

N_d = força normal de cálculo;

A_c = área da seção transversal do pilar;

f_{cd} = resistência de cálculo do concreto à compressão (fck/□c);

$M_{d,tot}$ = momento fletor total de cálculo;

h = dimensão do pilar na direção considerada;

e = excentricidade na direção considerada.

f_{yd}=resistência de escoamento do aço

Se o pilar apresentar excentricidade de segunda ordem, para ser somada a excentricidade total, deve ser calculada conforme desejado, mas observando a esbeltez da estrutura, podendo ser dimensionado conforme diferentes métodos. Os métodos abordados serão o método padrão e os métodos aproximados. Após este cálculo, torna-se possível encontrar os valores de adimensional v e o valor de μ, assim torna-se possível a partir do ábaco escolhido, definir a taxa de armadura necessária para o pilar.

3.1 Método geral

Consiste na análise não linear de 2ª ordem efetuada com discretização adequada da barra, consideração da relação momento-curvatura real em cada seção e consideração da não linearidade geométrica de maneira não aproximada. O método geral é obrigatório para l >140. (NBR 6118/2014)

3.2 Métodos aproximados

3.2.1. Método do pilar padrão com curvatura aproximada

O método do pilar padrão com curvatura aproximada é permitido para pilares de seção constante e de armadura simétrica e constante ao longo de seu eixo e λ ≤ 90. A não-linearidade geométrica é considerada de forma aproximada, supondo-se que a configuração deformada da barra seja senoidal. A não-linearidade física é levada em conta através de uma expressão aproximada da curvatura na seção crítica (NBR 6118/2014). A excentricidade de 2ª ordem e_2 é dada por:

$$e_2 = \frac{{l_e}^2}{10} . \frac{1}{r}$$

$\frac{1}{r}$ é a curvatura na seção crítica, que pode ser avaliada pela expressão:

$$\frac{1}{r} = \frac{0{,}005}{h(\nu + 0{,}5)} \leq \frac{0{,}005}{h}$$

Onde:

h é a altura da seção na direção considerada

ν é a força normal adimensional

3.2.2 Pilar padrão com rigidez κ aproximada

De acordo com a NBR 6118/2014, o método do pilar padrão com rigidez κ aproximada pode ser utilizado para λ ≤ 90 nos pilares de seção retangular constante, armadura simétrica e constante ao longo do eixo. A não-linearidade geométrica é considerada de forma aproximada, supondo-se que a deformada da barra seja senoidal. A não-linearidade física é levada em conta através de uma expressão aproximada da rigidez. O momento total máximo no pilar é dado por:

$$M_{d,tot} = \frac{\alpha_b . M_{1d,A}}{1 - \frac{\lambda^2}{120\kappa/\nu}} \geq M_{1d,A}$$

Onde κ é valor da rigidez adimensional, dado aproximadamente por:

$$\kappa = 32 \left(1 + 5 . \frac{M_{d,tot}}{h . N_d}\right) . \nu$$

Observa-se que o valor da rigidez adimensional κ é necessário para o cálculo de $M_{d,tot}$, e para o cálculo de κ utiliza-se o valor de $M_{d,tot}$.

4 armadura longitudinal

Definida a área de aço da seção transversal do pilar, a quantidade de armaduras a serem dispostas dentro do pilar deve obedecer a imposição da NBR 6118 (item 18.2.1):

> O arranjo das armaduras deve atender não só à sua função estrutural, como também às condições adequadas de execução, particularmente com relação ao lançamento e ao adensamento do concreto. Os espaços devem ser projetados para a introdução do vibrador e de modo a impedir a segregação dos agregados e a ocorrência de vazios no interior do elemento estrutural.

O diâmetro das barras longitudinais não deve ser inferior a 10 mm e nem superior a 1/8 da menor dimensão da seção transversal (item 18.4.2.1 da NBR 6118:2014):

$$10\ mm \leq \phi_l \leq \frac{b}{8}$$

Segundo o item 17.3.5.3 da NBR 6118:2014, a armadura longitudinal mínima deve ser:

$$A_{s,min} = 0{,}15 \cdot \frac{N_d}{f_{yd}} \geq 0{,}004\, A_c$$

O valor máximo da área total de armadura longitudinal é dado por:

$$A_{s,max} = 8\%.\, A_c$$

A maior área de armadura longitudinal possível deve ser 8% da seção real, considerando-se inclusive a sobreposição de armadura nas regiões de emenda.

A NBR 6118:2014, estabelece também que as armaduras longitudinais devem ser dispostas de forma a garantir a adequada resistência do elemento estrutural. Em seções poligonais, deve existir pelo menos uma barra em cada vértice; em seções circulares, no mínimo seis barras distribuídas ao longo do perímetro e que

espaçamento mínimo livre entre as faces das barras longitudinais, medido no plano da seção transversal, fora da região de emendas, deve ser igual ou superior ao maior dos seguintes valores:

$$s \geq \begin{cases} 20\ mm; \\ \phi barra, do\ feixe\ ou\ da\ luva; \\ 1{,}2.\ \phi\ agregado \end{cases}$$

5 Armadura transversal

De acordo com a NBR 6118/2014,

> A armadura transversal de pilares, constituída por estribos e, quando for o caso, por grampos suplementares, deve ser colocada em toda a altura do pilar, sendo obrigatória sua colocação na região de cruzamento com vigas e lajes. O diâmetro dos estribos em pilares não pode ser inferior a 5 mm nem a 1/4 do diâmetro da barra isolada ou do diâmetro equivalente do feixe que constitui a armadura longitudinal.

O espaçamento longitudinal entre estribos, medido na direção do eixo do pilar,é calculado a fim de garantir o posicionamento, impedir a flambagem das barras longitudinais. A NBR6118/2014 impões que costura das emendas de barras longitudinais nos pilares usuais, deve ser igual ou inferior ao menor dos seguintes valores:

$$s \leq \begin{cases} 200\ mm; \\ menor\ dimensão\ da\ seção; \\ 24\ \phi\ para\ CA-25, \qquad 12\ \phi\ para\ CA-50 \end{cases}$$

Pode ser adotado o valor $\phi t < \phi/4$, desde que as armaduras sejam constituídas do mesmo tipo de aço e o espaçamento respeite também a limitação:

$$s_{máx} = 90000.\left(\frac{{\phi_t}^2}{\phi}\right).\frac{1}{f_{yk}}$$

6 Conclusão

Entende-se como pilar um elemento estrutural vertical, responsável para receber os esforços diagonais de uma edificação e transferi-los para outros elementos, como as fundações, estes, geralmente, estão associados ao sistema laje-viga-pilar e a situação como um todo, interfere em seu dimensionamento. Segundo Bastos (2017), “Flambagem pode ser definida como o “deslocamento lateral na direção de maior esbeltez, com força menor do que a de ruptura do material” ou como a “instabilidade de peças esbeltas comprimidas.

Neste artigo foram tratadas diferentes metodologias para o dimensionamento de pilares, levando em consideração os efeitos de segunda ordem, as flambagens, que os pilares estão submetidos. Mesmo tendo cada método suas vantagens, é importante ressaltar que cada um é escolhido com relação a esbeltez do pilar e aplicabilidade. A observação das situações reais em que os pilares podem estar submetidos e considerar tais situações como interferência que podem afetar no dimensionamento dos pilares faz-se necessário.

Estes são dimensionados de acordo com esforços externos solicitantes de cálculo, os quais incluem as forças normais (N_d), os momentos fletores (M_{dx} e M_{dy}) e em caso de os pilares sofrerem ações horizontais, as forças cortantes (V_{dx} e V_{dy}). Conclui-se então que para o efetivo dimensionamento dos pilares, diversos efeitos e considerações devem ser realizadas e supostas, e que a NBR 6118/2014 garante suporte para esse dimensionamento.

Referências

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Building code requirements for structural concrete**, ACI 318 R-95. Farmington Hills, 1995, 369p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**, NBR 6118. Rio de Janeiro, ABNT, 2014, 238p.

ARAÚJO, J. M**. Pilares esbeltos de concreto armado. Parte 1:** Um modelo não linear para análise e dimensionamento. Revista Teoria e Prática na Engenharia Civil - Escola de Engenharia - FURG - Rio Grande, RS, n.18, p.81-93, novembro, 2011

BASTOS, P.S.S. **Pilares de Concreto Armado**. Bauru, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Bauru/SP, 2017. Notas de Aula

PINHEIRO, L.M.; BARALDI, L.T.; POREM, M.E.. **Concreto Armado:** Ábacos para flexão oblíqua. São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1994. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/pag_concreto2.htm >. Acesso em 20/03/2019.

SCADELAI, M; PINHEIRO, L. **Estrutura de concreto**. Cap 16, pag. 9, novembro, 2005.

VENTURINI, W.S. **Dimensionamento de peças retangulares de concreto armado solicitadas à flexão reta**. São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1987. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/mdidatico/concreto/Textos/23%20Abacos%20flexao%20normal%20-%20Venturini%20-%20Walter.pdf >. Acesso em 20/03/2019. Notas de Aula