



## ESTUDO NUMÉRICO SOBRE AS DIMENSÕES MÍNIMAS EM PILARES DE CONCRETO ARMADO PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS TÉRREAS

*Luan Matheus Moreira<sup>1</sup>, Carlos Humberto Martins<sup>2</sup>*

**RESUMO:** Em pilares de concreto armado, a instabilidade é um estado limite último que pode ser atingido nos elementos submetidos à flexo-compressão. Desta forma, a geometria da seção transversal dos mesmos tem fundamental importância em sua análise e dimensionamento. O objetivo deste trabalho é de investigar quais os motivos que levaram a NBR 6118:2014 a modificar a dimensão mínima de 12 cm para 14 cm em pilares de concreto armado. Deste modo, foram concebidas duas estruturas hipotéticas referentes às ações atuantes em uma edificação residencial térrea, onde por meio do software Eberick da empresa Altoqi, foram realizadas as análises e os dimensionamentos dos pilares. A aplicação do programa permitiu agilidade na obtenção dos resultados. No entanto, o mesmo teve que ser configurado de acordo com as prescrições da NBR 6118:2014. Nos resultados obtidos, podem-se verificar em duas simulações realizadas que os índices de maior esbeltez, foram superiores à 90. Portanto, os pilares são caracterizados como pilares esbeltos, o que implica na utilização de modelos de cálculo mais refinados como o Método do Pilar Padrão acoplado à diagramas M, N, 1/r e o Método Geral (esses métodos são complexos e necessitam do auxílio de um algoritmo computacional mais arrojado). No entanto, para os pilares com seção transversal de 12x30 cm, este efeito surgiu com comprimento de flambagem ( $le$ ) igual a 315 cm. Enquanto que, para os pilares com seção transversal de 14 x 26 cm, o mesmo ocorre com comprimento de flambagem ( $le$ ) igual a 365 cm. Portanto, conclui-se que o aumento na dimensão mínima de pilares de concreto armado, para edificações residenciais térreas convencionais, propicia: a caracterização dos mesmos como medianamente esbeltos, redução nas áreas de armadura longitudinal e melhores condições de concretagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** pilares de concreto armado; comprimento de flambagem; dimensões mínimas.

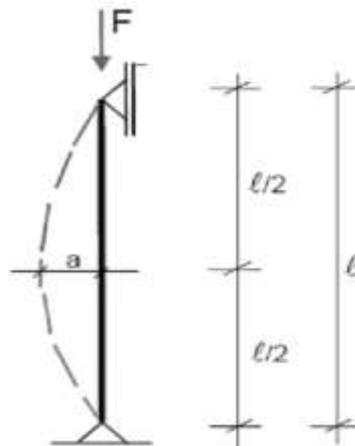
### 1 INTRODUÇÃO

Em pilares de concreto armado, a instabilidade é um estado limite último que pode ser atingido nos elementos submetidos à flexo-compressão. Ou seja, a atuação do carregamento cessa a capacidade portante da estrutura antes que atinja a ruína por ruptura do concreto ou por deformação plástica excessiva das armaduras de aço.

Segundo Scadelai (2004) na consideração, em uma análise estrutural, dos efeitos da mudança de geometria da estrutura, a relação força-deslocamento deixa de ser linear. Essa não-linearidade, denominada geométrica, pode ser desconsiderada quando a hipótese dos pequenos deslocamentos é admitida válida. No entanto, a não-linearidade geométrica torna-se relevante nos casos em que os deslocamentos, relativamente significativos, podem acentuar os problemas de instabilidade ou a combinação do esforço axial com os momentos fletores. Deste modo, devido à magnitude dos deslocamentos, surge a necessidade de se elaborar as equações de equilíbrio em relação à configuração deformada da estrutura.

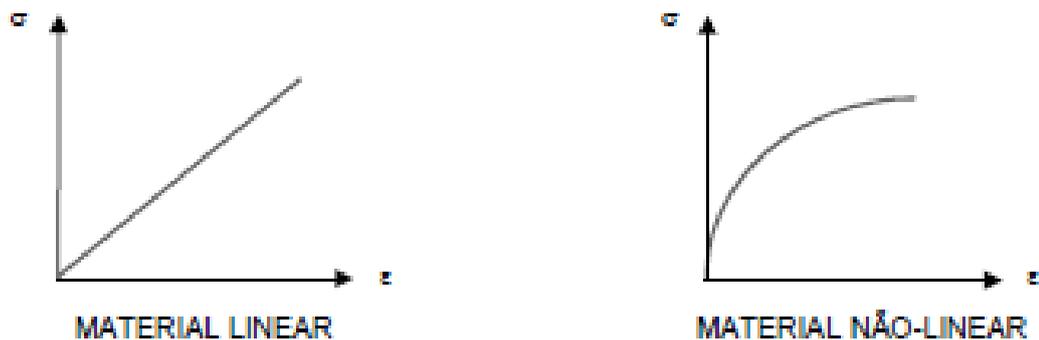
<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá-UEM, Maringá-PR. moreirm19@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Dr. do Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá-UEM, Maringá-PR. chmartins2007@gmail.com



**Figura 1 – Barra Comprimida**  
**Fonte:** Borges (1999)

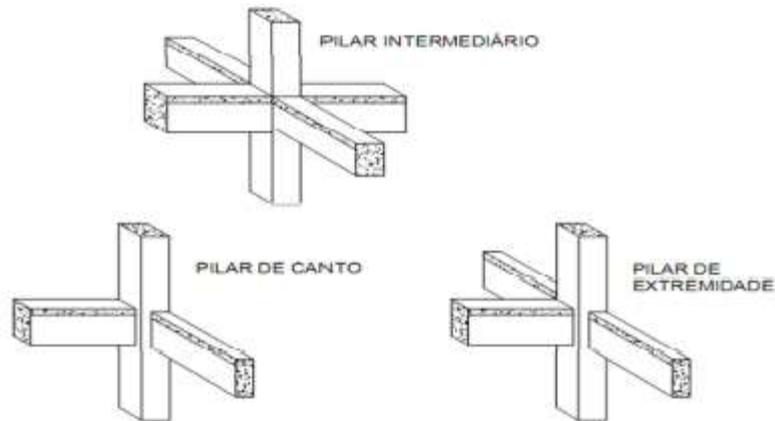
A não-linearidade geométrica demonstra que pode não haver proporcionalidade entre causa e efeito, mesmo quando o comportamento do material é elástico-linear. A situação se torna mais complexa se o próprio material apresenta comportamento não-linear, o que caracteriza a não-linearidade física. O comportamento do material é linear quando obedece à Lei de Hooke, ou seja, quando há proporcionalidade entre tensão e deformação. Caso contrário, o comportamento do material é não-linear (SCADELAI, 2004).



**Figura 2 – Diagrama tensão x deformação para materiais de comportamento linear e não-linear**  
**Fonte:** Borges (1999)

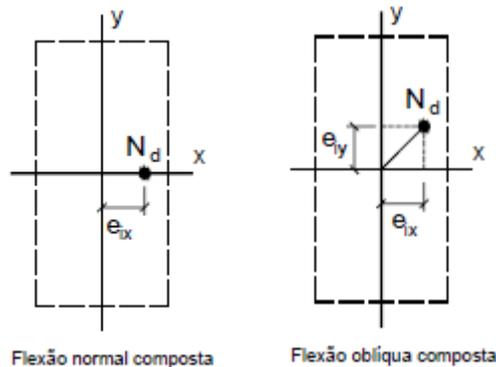
Segundo Moreira (2013) os pilares de concreto armado podem ser classificados basicamente de três formas:

- Segundo a sua posição: intermediário, de canto ou de extremidade;



**Figura 3** – Posição dos pilares em edifícios  
**Fonte:** Fusco (1981)

- Quanto à análise de solicitações: flexão composta normal ou oblíqua;



**Figura 4** – Situação de Projeto em Pilares  
**Fonte:** Alva, El Debs e Giongo (2008)

- Quanto à esbeltez:

Onde, para seções retangulares,

$$\lambda = \frac{\sqrt{12} \cdot le}{h}$$

- $\lambda$  = índice de esbeltez;
- $le$  = comprimento de flambagem;
- $h$  = dimensão no eixo de inércia considerado;

E,

- Pilares curtos:  $\lambda \leq \lambda_1 \leq 35$ ;
- Pilares medianamente esbeltos:  $35 < \lambda_1 < \lambda \leq 90$ ;
- Pilares esbeltos:  $90 < \lambda \leq 140$ ;
- Pilares muito esbeltos:  $140 < \lambda \leq 200$ .

De acordo com a ABNT NBR 6118 (2014), a seção transversal de pilares, independente de sua forma, não deve ter dimensão menor que 19 cm. No entanto, para situações especiais, permite-se a utilização de dimensões entre 14 cm e 19 cm majorando os esforços solicitantes de cálculo pelo coeficiente adicional  $\gamma_n$ , desde que se atenda a área da seção transversal mínima de 360 cm<sup>2</sup>.

**Tabela 1:** Valores do coeficiente adicional  $\gamma_n$ 

b (cm)	≥ 19	18	17	16	15	14
$\gamma_n$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25

**Fonte:** ABNT NBR 6118 (2014)

Na ABNT NBR 6118 (2004), permitia-se a adoção de dimensões entre 12 cm e 19 cm, majorando os esforços de cálculo por um coeficiente adicional  $\gamma_n$ , desde que atendida a área de seção transversal mínima de 360 cm<sup>2</sup>.

**Tabela 2:** Valores do coeficiente adicional  $\gamma_n$ 

b (cm)	≥ 19	18	17	16	15	14	13	12
$\gamma_n$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35

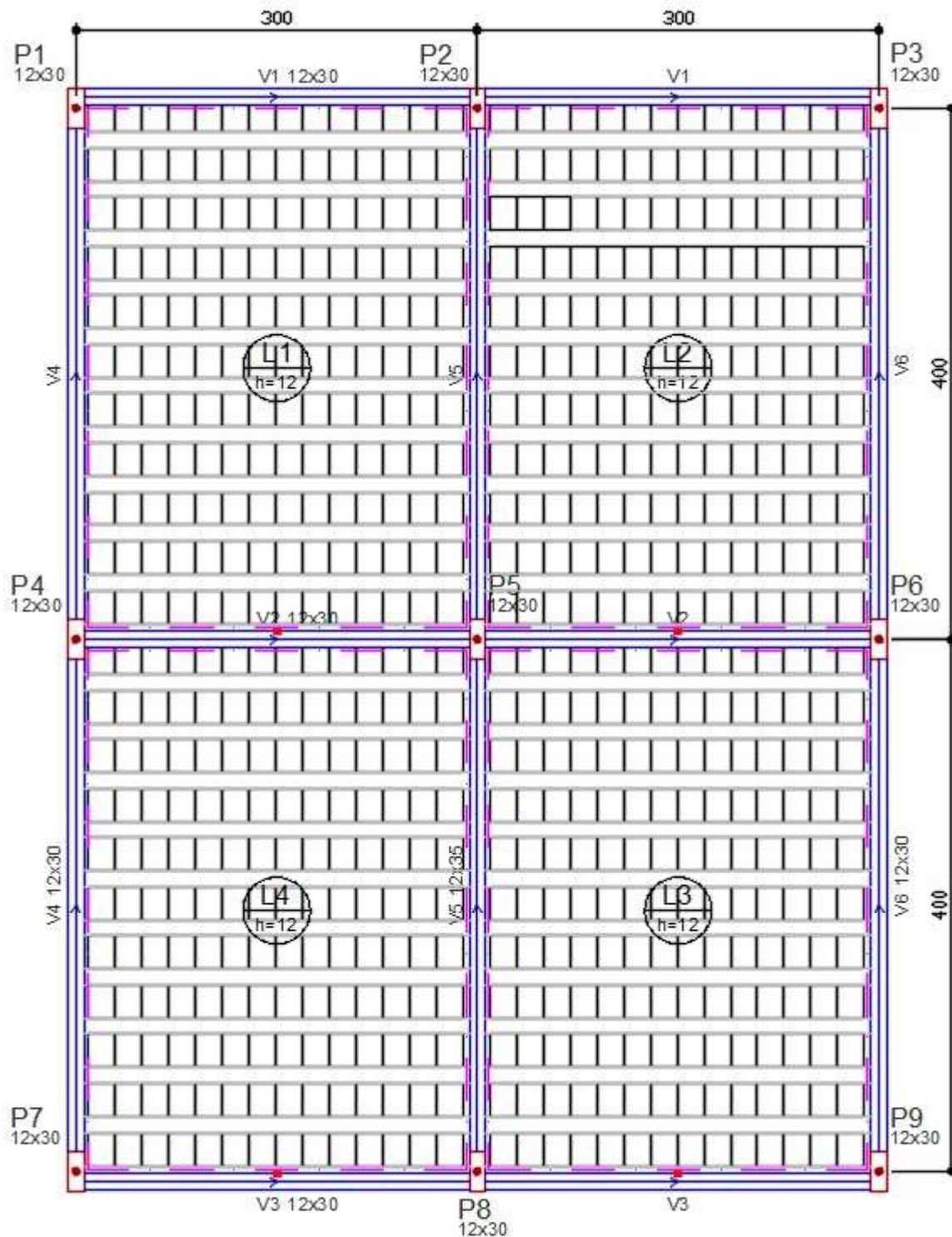
**Fonte:** ABNT NBR 6118 (2004)

O objetivo deste trabalho é investigar quais os motivos que levaram a NBR 6118:2014 a modificar a dimensão mínima de 12 cm para 14 cm em pilares de concreto armado.

Deste modo, por meio dessa investigação, podemos verificar se os motivos apresentados justificam tal modificação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

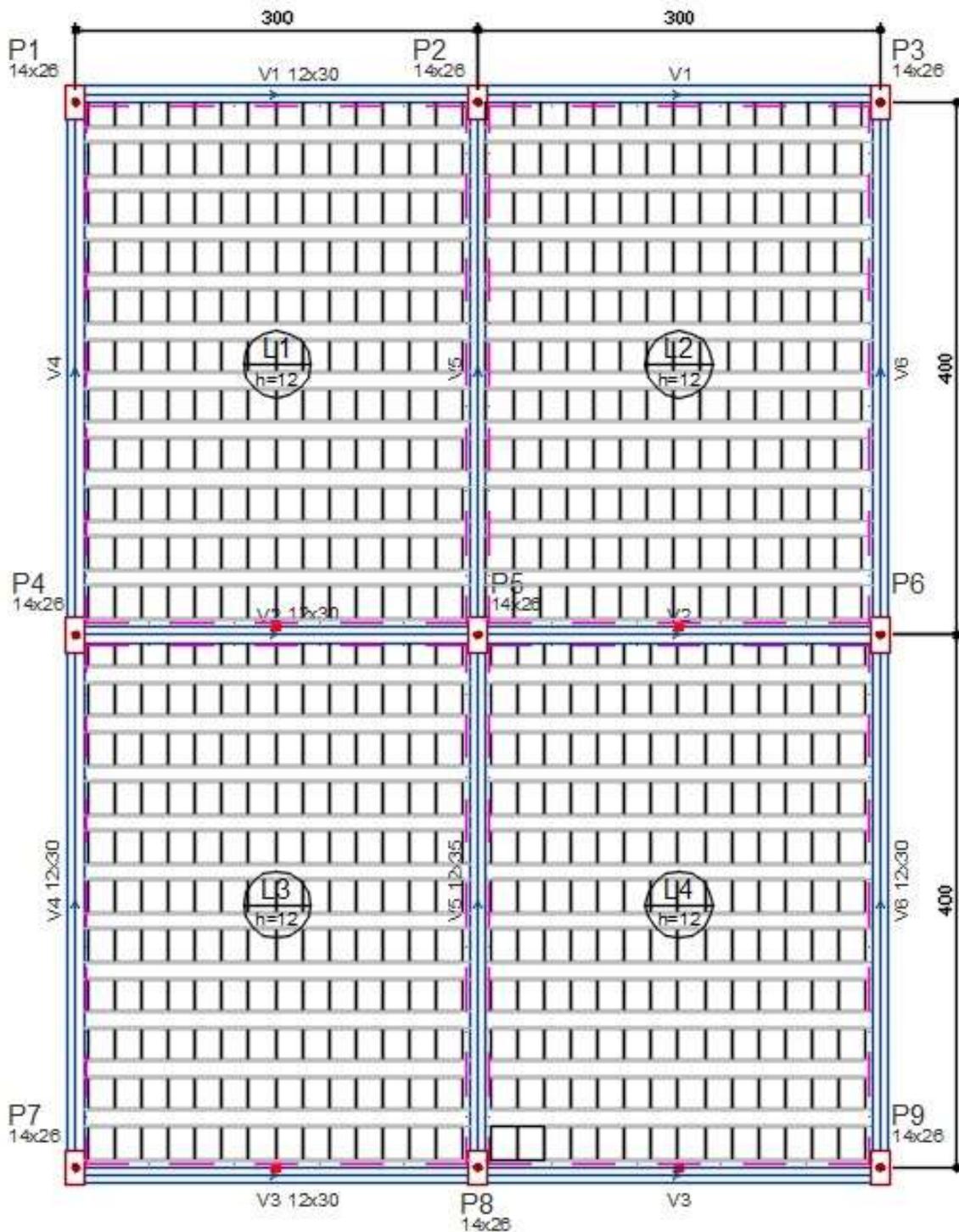
Foram concebidas duas estruturas hipotéticas referentes às ações atuantes em uma edificação residencial térrea, pois em estruturas desse porte, podem-se utilizar para os pilares a área de seção transversal mínima. Por meio do software Eberick da empresa Altoqi, foram realizadas as análises e os dimensionamentos dos pilares. A aplicação do programa permitiu agilidade na obtenção dos resultados. No entanto, o mesmo teve que ser configurado de acordo com as prescrições da NBR 6118:2014.



**Figura 5** – Forma do pavimento térreo da estrutura hipotética 01

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2015

Nesta planta de forma do pavimento térreo, conforme figura 5, há 9 pilares com seções transversais de 12 x 30 cm, 5 vigas contínuas com seções transversais de 12x30 cm (mais 1 viga contínua intermediária de 12x35 cm) e 4 lajes pré-moldadas com seções transversais de 12x8 cm (mais 4 cm de capa de concreto; enchimento de lajota cerâmica). Apoiadas nas vigas há paredes de tijolos cerâmicos com revestimentos de cimento e areia, de seções transversais de 12x200 cm. Os comprimentos dos vãos estão em centímetros. O concreto é C25 e o aço é CA-50. E o cobrimento para todos os elementos estruturais é de 3 cm.



**Figura 6** – Forma do pavimento térreo da estrutura hipotética 02

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2015

Para a planta de forma do pavimento térreo, conforme figura 6, a diferença para a planta da figura 5 é, apenas, na adoção de 9 pilares com seções transversais de 14 x 26 cm.

A partir das estruturas dispostas acima, foram efetuados o dimensionamento no Estado Limite Último e a verificação no Estado Limite de Serviço.

Para a estrutura da figura 5, os pilares foram analisados com comprimento flambagem ( $l_e$ ) de 280 cm e 315 cm.

Para a estrutura da figura 6, os pilares foram analisados com comprimento de flambagem ( $l_e$ ) de 280 cm e 365 cm.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram analisadas as variáveis referentes aos pilares: força normal de cálculo para combinação última, índice de maior esbeltez e armadura longitudinal necessária.

O modelo estrutural para análise dos pilares é o de acordo com figura 7.



**Figura 7** – Modelo estrutural dos pilares

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015

De acordo, com a explicação realizada anteriormente em relação à classificação dos pilares, podem-se defini-los como:

- P5 = intermediário, solicitado à flexão composta normal (a NBR 6118:2014 prevê uma excentricidade mínima de primeira ordem);
- P2; P4; P6 e P8 = de extremidade, solicitado por flexão composta normal;
- P1; P3; P7 e P9 = de canto, solicitado por flexão composta oblíqua.

A seguir, estão descritos os resultados obtidos por meio das simulações efetuadas no software Eberick, da empresa Altoqi.

Tabela 3: Resultados para  $l_e = 280 \text{ cm}$ .

Pilar	Seção Trans. (cm x cm)	Força Normal de Cálculo – Combinação Última (kN)	Índice de Maior Esbeltez	Armadura longitudinal necessária (cm <sup>2</sup> )
P1	12 x 30	56,3	80,8	6,28
P2	12 x 30	99,5	80,8	7,36
P3	12 x 30	56,3	80,8	6,28
P4	12 x 30	112,1	80,8	3,14
P5	12 x 30	198,1	80,8	4,71
P6	12 x 30	112,1	80,8	3,14
P7	12 x 30	56,3	80,8	6,28
P8	12 x 30	99,5	80,8	7,36
P9	12 x 30	56,3	80,8	6,28

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2015

Tabela 4: Resultados para  $l_e = 280 \text{ cm}$ .

Pilar	Seção Trans. (cm x cm)	Força Normal de Cálculo – Combinação Última (kN)	Índice de Maior Esbeltez	Armadura longitudinal necessária (cm <sup>2</sup> )
P1	14 x 26	51,8	69,3	4,71
P2	14 x 26	90,7	69,3	7,36
P3	14 x 26	51,8	69,3	4,71
P4	14 x 26	105,3	69,3	3,14
P5	14 x 26	185,3	69,3	3,14
P6	14 x 26	105,3	69,3	3,14
P7	14 x 26	51,8	69,3	4,71
P8	14 x 26	90,7	69,3	7,36
P9	14 x 26	51,8	69,3	4,71

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2015

Tabela 5: Resultados para  $le = 315$  cm.

Pilar	Seção Trans. (cm x cm)	Força Normal de Cálculo – Combinação Última (kN)	Índice de Maior Esbeltez	Armadura longitudinal necessária (cm <sup>2</sup> )
P1	12 x 30	56,9	90,9	7,36
P2	12 x 30	99,9	90,9	9,82
P3	12 x 30	56,9	90,9	7,36
P4	12 x 30	113,5	90,9	3,14
P5	12 x 30	199,7	90,9	9,42
P6	12 x 30	113,5	90,9	3,14
P7	12 x 30	56,9	90,9	7,36
P8	12 x 30	99,9	90,9	9,82
P9	12 x 30	56,9	90,9	7,36

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2015

Tabela 6: Resultados para  $le = 365$  cm.

Pilar	Seção Trans. (cm x cm)	Força Normal de Cálculo – Combinação Última (kN)	Índice de Maior Esbeltez	Armadura longitudinal necessária (cm <sup>2</sup> )
P1	14 x 26	53,4	90,3	6,28
P2	14 x 26	91,7	90,3	8,04
P3	14 x 26	53,4	90,3	6,28
P4	14 x 26	108,5	90,3	3,14
P5	14 x 26	188,8	90,3	4,71
P6	14 x 26	108,5	90,3	3,14
P7	14 x 26	53,4	90,3	6,28
P8	14 x 26	91,7	90,3	8,04
P9	14 x 26	53,4	90,3	6,28

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2015

Comparando as tabelas 1 e 2, pode-se verificar uma redução na armadura longitudinal necessária para os Pilares 1, 3, 5, 7 e 9 que têm seção transversal de 14 x 26 cm ( $A = 364$  cm<sup>2</sup>), em comparação aos mesmos pilares com seção transversal de 12 x 30 cm ( $A = 360$  cm<sup>2</sup>). Isto se deve pelo fato das combinações normais últimas terem intensidades menores, resultando em momentos fletores de menor módulo.

Nas tabelas 3 e 4, os índices de maior esbeltez são superiores à 90. Portanto, os pilares são caracterizados como pilares esbeltos, o que implica na utilização de modelos de cálculo mais refinados como o Método do Pilar Padrão acoplado à diagramas M, N, 1/r e o Método Geral (esses métodos são complexos e necessitam do auxílio de um algoritmo computacional mais arrojado). No entanto, para os pilares com seção transversal de 12x30 cm, este efeito surgiu para os pilares dotados de comprimento de flambagem ( $le$ ) igual a 315



cm. Enquanto que, para os pilares com seção transversal de 14 x 26 cm, o mesmo ocorre com comprimento de flambagem ( $l_e$ ) igual a 365 cm.

#### 4 CONCLUSÃO

Intuitivamente, se verifica que com o aumento da dimensão mínima de pilares de 12 cm para 14 cm, as condições de concretagem se tornam melhores. Lembrando que, em edificações residenciais térreas é comum a concretagem dos pilares por meio de concreto moldado in loco e sem vibrador. Portanto, este acréscimo na dimensão do pilar pode contribuir na redução do surgimento de segregações no concreto nos pilares.

A redução na área de armadura longitudinal em alguns pilares de mesmo comprimento de flambagem, além de aumentar a área de concreto para concretagem, induz a um dado grau de economia na aquisição dos materiais.

Nos casos da caracterização dos pilares como esbeltos, pode-se considerar que a NBR6118:2014 busca evitar esse tipo de situação. Pois, pilares com comprimentos de flambagem igual ou superior à 365 cm são adotados em edificações térreas de alto padrão. Onde, devido à complexidade arquitetônica, as fases de projeto e execução são mais acuradas.

Portanto, conclui-se que o aumento na dimensão mínima de pilares de concreto armado para edificações residenciais térreas convencionais, propicia: a caracterização dos mesmos como medianamente esbeltos, menores áreas de armadura longitudinal e melhores condições de concretagem.

#### REFERÊNCIAS

ALVA, G. M. S.; EL DEBS, A. L. H. de C.; GIONGO, J. S. **Concreto armado**: projeto de pilares de acordo com a NBR 6118:2003. Apostila (Departamento de Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

BORGES, A. C. L. **Análise de pilares esbeltos de concreto armado solicitados à flexo-compressão oblíqua**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1999.

FUSCO, P. B. **Estruturas de concreto**: solicitações normais. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. 464 p.

MOREIRA, L. M. **Análise de momentos de segunda ordem locais em pilares intermediários de concreto armado**. TCC (Graduação) – Universidade Paranaense. Umuarama, 2013.

SCADELAI, M. A. **Dimensionamento de pilares de acordo com a NBR 6118:2003**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2004.