AVALIAÇÃO DO USO DE CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA NO DIMENSIONAMENTO E NA ESTABILIDADE ESTRUTURAL DE EDIFÍCIOS

Marco Antonio Kamoda Leite (PIC/CNPq/UEM), Elyson Andrew Pozo Liberati (Orientador). E-mail: eapliberati@uem.br
Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Engenharia Civil e Estruturas.

Palavras-chave: Efeitos de segunda ordem; Rigidez lateral; Coeficiente γz.

RESUMO

O concreto de alta resistência (CAR) tem se consolidado como alternativa para a concepção de edificações mais esbeltas e econômicas, exigindo, contudo, atenção redobrada aos parâmetros de estabilidade global e aos efeitos de segunda ordem, uma vez que a redução das seções transversais dos pilares diminui a rigidez lateral da estrutura. Este trabalho tem como objetivo avaliar a estabilidade global e os efeitos de segunda ordem de um edifício de dez pavimentos, comparando o dimensionamento com pilares de concreto armado de resistência normal e de alta resistência. A metodologia consistiu em revisão bibliográfica sobre CAR, estabilidade global e ação do vento em edificações, seguida da modelagem tridimensional do edifício no software TQS e do processamento global da estrutura na condição de referência, com concreto convencional (fck = 35 MPa). Como resultados parciais, os 31 pilares do edifício foram dimensionados automaticamente pelo módulo TQS Pilar, com seções entre 1.200 e 3.000 cm², índices de esbeltez entre 52 e 82 — enquadrando-os como medianamente esbeltos conforme a ABNT NBR 6118 (2023) — e força normal adimensional entre 0,19 e 0,66, sendo necessária a consideração dos efeitos locais de segunda ordem em praticamente todos os elementos. Conclui-se, até o momento, que os resultados obtidos para a condição convencional fornecem a referência necessária para a etapa seguinte da pesquisa, que consistirá na remodelagem dos pilares em concreto de alta resistência e na análise comparativa dos parâmetros de estabilidade global entre as duas soluções.

INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais empregados na construção civil devido à facilidade de preparo, ao baixo custo-benefício e à resistência às intempéries, embora apresente comportamento complexo por se tratar de um material heterogêneo e bifásico, composto por agregados dispersos em uma matriz de cimento hidratada (MEHTA; MONTEIRO, 2008). A evolução dos estudos sobre os materiais constituintes possibilitou o desenvolvimento dos concretos de alta resistência (CAR), definidos pela ABNT NBR 6118 (2023) como aqueles pertencentes ao Grupo II de resistência (55 MPa ≤ fck ≤ 90 MPa). O uso do CAR permite conceber edificações mais arrojadas, com seções transversais reduzidas, maior capacidade de carga e menor peso próprio, ainda que apresente

comportamento mais frágil, com ruptura brusca e menor ductilidade (TORRICO, 2010).

A redução das seções dos pilares proporcionada pelo CAR, entretanto, diminui o momento de inércia dos elementos e a rigidez lateral do sistema estrutural, tornando ainda mais relevante a avaliação da estabilidade global e dos efeitos de segunda ordem. Entre as ações horizontais responsáveis por tais deslocamentos, destaca-se a força do vento, cuja consideração no dimensionamento segue os critérios da ABNT NBR 6123 (2023). Segundo a ABNT NBR 6118 (2023), uma estrutura é classificada como de nós móveis quando os deslocamentos horizontais decorrentes das ações de segunda ordem superam 10% dos deslocamentos de primeira ordem, tornando obrigatória a consideração rigorosa desses efeitos, uma vez que as cargas verticais passam a atuar com excentricidade em relação à posição original dos nós deslocados lateralmente, gerando momentos fletores adicionais (RIBEIRO, 2010). Kimura (2007) destaca que a estabilidade global é inversamente proporcional à sensibilidade da estrutura a esses efeitos. Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar a estabilidade global e os efeitos de segunda ordem de um edifício de dez pavimentos, comparando o dimensionamento com pilares de concreto armado de resistência normal e de alta resistência, por meio do software TQS.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa segue as seguintes etapas: (a) revisão bibliográfica sobre o uso do concreto de alta resistência; (b) revisão bibliográfica sobre a estabilidade global de edifícios; (c) estudo sobre o efeito do vento nas estruturas, com base na ABNT NBR 6123 (2023); (d) definição do edifício de estudo e desenvolvimento dos modelos estruturais no software TQS; e (e) comparação dos resultados obtidos entre os modelos com pilares de concreto de resistência normal e de alta resistência.

Como objeto de estudo, adotou-se um projeto arquitetônico residencial de 10 pavimentos-tipo, 1 barrilete e 1 caixa d'água, desenvolvido previamente na disciplina de Desenho Arquitetônico do curso de Engenharia Civil. Para a capacitação necessária à modelagem no software TQS, foi seguido o curso gratuito "Curso TQS Total", indicado pelo orientador.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O curso seguido, ministrado pelo professor José Sérgio dos Santos, contém 65 vídeos que abordam desde a interface do software até a modelagem, a análise, o dimensionamento e o detalhamento de estruturas de concreto armado. Os conceitos foram fixados por meio da modelagem completa de um edifício simples de quatro pavimentos, o que possibilitou a familiarização com a interface e os fluxos de trabalho do TQS antes da aplicação ao edifício de estudo, de maior complexidade.

A modelagem do edifício de estudo foi iniciada com a definição das condições gerais da edificação e, em seguida, com o lançamento dos elementos estruturais primários — pilares, vigas e lajes — pavimento a pavimento, com base nas plantas de fôrmas elaboradas a partir do projeto arquitetônico de referência. Concluído o lançamento dos dez pavimentos-tipo, do barrilete e da caixa d'água (Figura 1), procedeu-se ao

processamento global da estrutura e ao dimensionamento automático dos pilares, na condição de referência com concreto convencional (fck = 35 MPa), por meio do módulo TQS Pilar (SELEC).

Ao todo, foram dimensionados 31 pilares, com seções transversais variando de 1.200 cm² a 3.000 cm², distribuídas em cinco tipos de seção, conforme sintetizado na Tabela 1. O índice de esbeltez (λ) dos pilares variou entre 52 e 82, enquadrando a totalidade dos elementos na categoria de pilares medianamente esbeltos ($35 < \lambda \leq 90$) segundo a ABNT NBR 6118 (2023), o que exige a consideração obrigatória dos efeitos locais de segunda ordem. Essa exigência foi confirmada pela própria saída do TQS, que ativou o método aproximado da rigidez κ (ELOL/KAPA) a partir dos pavimentos intermediários em praticamente todos os pilares. A força normal adimensional (Ni) variou de 0,19 a 0,66, refletindo a distribuição heterogênea dos esforços verticais conforme a posição do pilar em planta, com os maiores valores concentrados nos pilares de canto e de maior área de influência.

Tabela 1 – Síntese dos pilares dimensionados (fck = 35 MPa, concreto convencional).

Seção (cm)	Área (cm²)	Nº de pilares	λ (mín–máx)	Ni (mín–máx)
20 × 60	1.200	19	78 – 82	0,19 – 0,66
20 × 100	2.000	3	78	0,36 – 0,59
30 × 100	3.000	5	52 – 55	0,22 – 0,53
20 × 80	1.600	3	78 – 82	0,25 – 0,53
20 × 70	1.400	1	82	0,33

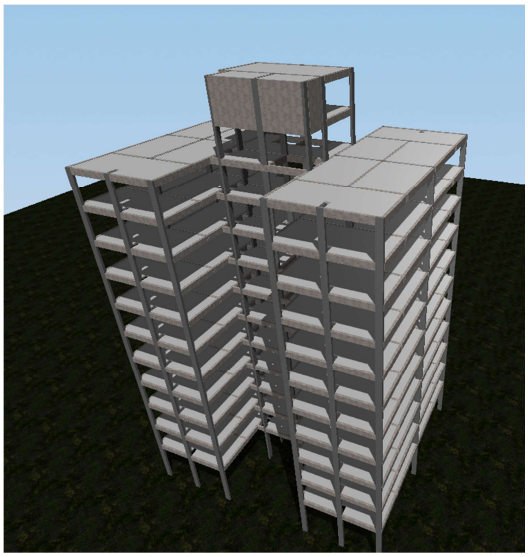


Figura 1 – Visualização do modelo estrutural 3D do edifício de estudo (TQS).

CONCLUSÕES

Até o presente momento, a pesquisa avançou da modelagem estrutural inicial para o processamento global e o dimensionamento automático dos pilares do edifício de estudo na condição de referência, com concreto convencional (fck = 35 MPa). Os 31 pilares dimensionados apresentaram índices de esbeltez entre 52 e 82, exigindo a

consideração dos efeitos locais de segunda ordem em praticamente todos os elementos, o que evidencia a sensibilidade do edifício estudado a esses efeitos mesmo na condição convencional. Esses resultados servem de referência para a etapa seguinte da pesquisa, que consistirá na remodelagem dos pilares com concreto de alta resistência (fck ≥ 55 MPa), permitindo a análise comparativa da redução das seções transversais, da variação do índice de esbeltez e dos parâmetros de estabilidade global (parâmetro α e coeficiente γz) entre as duas soluções estruturais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à Universidade Estadual de Maringá (UEM) pelo apoio concedido por meio do Programa de Iniciação Científica (PIC/CNPq).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto Armado. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 2023.

KIMURA, A. Informática aplicada em estruturas de concreto armado: cálculos de edifícios com uso de sistemas computacionais. São Paulo: Pini, 2007. 624p.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

RIBEIRO, J. F. **Estabilidade global em edifícios: análise dos efeitos de segunda ordem nas estruturas de concreto.** 2010. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

TORRICO, F. A. **Análise teórica e experimental do comportamento de pilares esbeltos de concreto de alta resistência, considerando a ductilidade.** 345f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.