

## INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS ESPECIAIS DE CONCRETO ARMADO NA ESTABILIDADE GLOBAL DA ESTRUTURA

PEDRO GUSTAVO DOS SANTOS BARROS<sup>1\*</sup>; JOSÉ DAVI SIMÕES ROMEIRO<sup>2</sup>  
VALMIR RODRIGUES DE ALBUQUERQUE FILHO<sup>3</sup>; ARTUR WANDERLEY LÔBO ARAÚJO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Msc. Analista de Infraestrutura, Min. Planejamento, Maceió-AL, pedrogbarros@hotmail.com;

<sup>2</sup>Engenheiro Civil Centro Universitário CESMAC, Maceió-AL, davi\_romeiro92@hotmail.com;

<sup>3</sup>Engenheiro Civil Centro Universitário CESMAC, Maceió-AL, valmirfilho@live.com;

<sup>4</sup>Engenheiro Civil Centro Universitário CESMAC, Maceió-AL, artur\_wanderley2602@hotmail.com.

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC 2018  
22 a 24 de agosto de 2018 – Maceió/AL - Brasil

**RESUMO:** Com a escassez de áreas disponíveis para construção nas grandes cidades, cresce a necessidade de readequação dos projetos no sentido de se buscar um melhor aproveitamento dos espaços. Esse novo conceito reflete também na disposição dos elementos estruturais, levando a uma necessidade de diminuição da quantidade de pilares para ampliar os espaços, sem que se abra mão de durabilidade e segurança. Estruturas de concreto armado são altamente utilizadas no mundo devido à sua versatilidade e domínio da execução. Tais estruturas sofrem deslocamentos horizontais, podendo ser classificadas como estruturas de nós fixos ou móveis de acordo com parâmetros como o gama z, o qual sendo maior que 1,1 a estrutura é considerada de nós móveis, assim os efeitos de segunda de ordem são considerados, já para as estruturas de nós fixos é considerada a sua geometria inicial e os esforços são calculados conforme tal situação. No presente trabalho, foi feito uso de ferramentas computacionais com o objetivo de analisar a estabilidade global de uma estrutura considerando inicialmente apenas os pilares como elementos verticais, e em seguida, considerando a existência de pilares parede (caixa de elevador) como elementos estruturais. Foi observado que a consideração dos pilares parede proporciona menores deslocamentos horizontais, e um conseqüente aumento da rigidez da estrutura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto armado, pilares, gama z.

## INFLUENCE OF VERTICAL ELEMENTS OF REINFORCED CONCRETE IN THE GLOBAL STABILITY OF THE STRUCTURE

**ABSTRACT:** With the scarcity of areas available for construction in large cities, there is a growing need for re-adaptation of the projects in order to seek a better use of the spaces. This new concept also reflects the provision of structural elements, leading to a need to reduce the number of pillars to expand the spaces, without sacrificing durability and safety. Reinforced concrete structures are widely used in the world because of their versatility and mastery of execution. Such structures suffers horizontal displacements and can be classified as fixed or mobile nodes structures according to parameters such as the gama z, which being greater than 1.1, the structure is considered as mobile nodes, so second-order effects are considered, in a other hand for the fixed nodes structures, is considered its initial geometry and the efforts are calculated as such situation. In the present work, computational tools were used with the objective of analyzing the global stability of a structure considering initially only the pillars as vertical elements, and then considering the existence of wall pillars (elevator box) as structural elements. It was observed that the consideration of the wall pillars provides less horizontal displacements, and a consequent increase in the rigidity of the structure.

**KEYWORDS:** Reinforced concrete. pillars, gama z.

## INTRODUÇÃO

As estruturas de concreto armado estão presentes em todas, ou praticamente todas as construções, mesmo que as estruturas sejam construídas com outros materiais, como madeira, metálica, alvenaria estrutural, pelo menos os elementos estruturais de fundação são em concreto (GIONGO, 2007, p. 9).

A necessidade de reduzir vãos pode ferir a concepção arquitetônica, assim como o aumento da dimensão de uma peça pode ser fisicamente impossível em função da disponibilidade de espaço. Diversos modelos estruturais foram desenvolvidos para solucionar os problemas como tamanho do vão, altura do prédio, posição e dimensões de peças estruturais, ação do vento, diminuição de custos (GIONGO, 2007).

A ousadia de arquitetos e engenheiros tem permitido que a demanda por edifícios cada vez mais altos nos grandes centros populacionais seja atendida. Quanto mais altos os edifícios maiores as solicitações presentes, com ênfase nas oriundas de ações laterais que podem ser dominantes na definição do sistema estrutural (GIONGO, 2007, p. 23).

“Cabe lembrar que, para efeito de esforços transversais, como a ação do vento, a estrutura deve ser sempre considerada de nós móveis e as solicitações de primeira ordem, oriundas destas ações deverão ser sempre consideradas no cálculo” (CARVALHO; PINHEIRO, 2003 pag. 310).

A avaliação da estabilidade global de edifícios pode ser realizada mediante o cálculo dos chamados parâmetros de estabilidade. Alguns deles, além de avaliar a estabilidade, podem estimar os efeitos de segunda ordem.

Segundo a NBR 6118:2014, no item 15.2, os efeitos de segunda ordem podem ser desprezados sempre que não representarem acréscimo superior a 10% nas reações e nas solicitações relevantes da estrutura, ou seja, tais efeitos podem ser desprezados se não representarem acréscimo superior a 10% em relação aos efeitos de primeira ordem (efeitos que surgem quando o equilíbrio da estrutura é estudado na configuração geométrica inicial).

Para efeito de cálculo, as estruturas são consideradas de nós fixos ou de nós móveis. São consideradas de nós fixos quando os efeitos globais de segunda ordem são desprezáveis (inferiores a 10% dos respectivos esforços de primeira ordem). São considerados de nós móveis quando os efeitos de segunda ordem são importantes (superiores a 10% dos respectivos esforços de primeira ordem) e devem ser considerados. Duas observações devem ser feitas: as estruturas de nós fixos na realidade não são fixas, ou seja, são deslocáveis, mas possuem deslocamentos horizontais muito pequenos, que podem ser desprezados; e as estruturas de nós móveis não são estruturas que se movimentam de forma significativa, mas diferentemente das de nós fixos, seus deslocamentos precisam ser considerados no cálculo dos esforços.

Conforme exposto, no presente trabalho propõe-se analisar a influência do posicionamento de elementos especiais de concreto armado na estabilidade global de estruturas de edifícios, quando submetidos a ações externas por meio da utilização da ferramenta computacional Robot Structural Analysis Professional 2015, desenvolvido pela Autodesk, baseadas no Método dos Elementos Finitos (MEF).

## MATERIAL E MÉTODOS

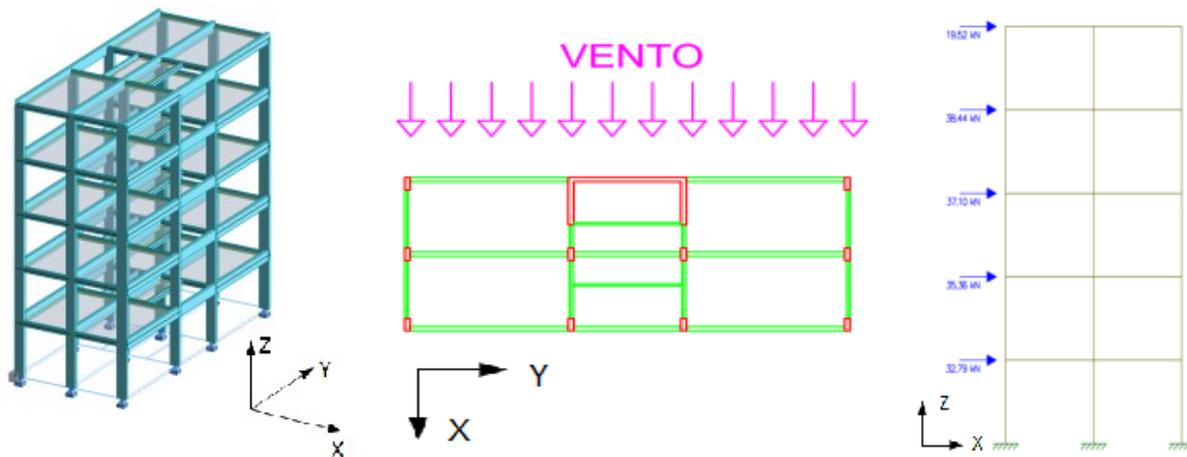
Para o atingimento dos objetivos propostos, foram testadas e utilizadas as funcionalidades da ferramenta Autodesk® Robot™ Structural Analysis mais adequadas ao estudo do problema em questão. Foi estabelecido o modelo teórico a ser estudado, sua geometria e as variações de resistência do concreto e taxa de armadura a serem aplicadas para análise do comportamento do modelo.

Para visualização dos deslocamentos horizontais, foi estipulada uma condição paradigma das ações de vento a partir dos requisitos preconizados em norma para a situação geográfica de Maceió, e em seguida, foi desenvolvido um exemplo prático para análise da estabilidade global a partir da situação paradigma da estrutura padrão estabelecida e da variação de elementos especiais de concreto armado na estrutura, com simulações da estrutura com 5 e 15 pavimentos.

Foram também adotados três modelos de estruturas, sendo um contando apenas com pilares como elementos verticais (Estrutura A), e outras duas contando com pilar parede, simulando uma caixa de elevador. A posição dos pilares parede também foi alternada sendo a primeira na face oposta

à ação do vento (Estrutura B) e a segunda na face de ação do vento (Estrutura C), conforme se pode visualizar na Figura 1.

Figura 1. Modelo tridimensional da estrutura, planta e elevação indicando a ação do vento.



Conforme já explanado no capítulo introdutório, a importância dos esforços globais de 2ª ordem foi avaliada por meio do coeficiente Gama Z. Tal coeficiente relaciona o momento de tombamento, momento provocado pelas ações horizontais, e o momento provocado pelas forças verticais na seguinte forma:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

- $\Delta M_{tot,d}$  = momento de tombamento, ou seja, a soma dos momentos de todas as forças horizontais, com seus valores de cálculo, em relação à base da estrutura;
- $M_{1,tot,d}$  = soma dos produtos de todas as forças verticais atuantes na estrutura, com seus valores de cálculo, pelos deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação, obtidos da análise de 1ª ordem.

Para Gama Z menor ou igual a 1,1, a estrutura é considerada de nós fixos. Para valores superiores a 1,1, a estrutura é considerada de nós móveis.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a execução dos cálculos necessários, foi utilizado o programa computacional Robot Structural Analysis Professional 2015, Versão de Estudante. O fck utilizado foi de 30 MPa e a classe de agressividade ambiental II (moderada - urbana). O vento atuante considerado tem velocidade de valor inicial de 30m/s, tendo sido aplicados os coeficientes preconizados pela NBR 6123/88. As ações verticais foram calculadas nos termos da norma NBR 6120/80. Aplicando-se os parâmetros adotados no software de análise estrutural, foram determinados os valores das ações horizontais (Figura 1) e obtidos dos deslocamentos da estrutura nas direções X, Y e Z.

Tendo em vista os resultados obtidos, pode-se verificar que como o vento está aplicado na direção x, os maiores deslocamentos observados são nessa direção. Assim sendo, a Tabela 1 compara a velocidade verificada do vento, a carga proveniente do vento e os deslocamentos observados na direção x.

Tabela 1. Comparativo entre estruturas de 5 pavimentos.

Pavimento	Velocidade no pavimento (m/s)	Carga total no Pavimento (kN)	Deslocamento sem poço de elevador	Deslocamento com poço (lado oposto ao vento)	Deslocamento com poço (lado do vento)
1	30,70	32,79	0,5	0,04	0,04
2	32,21	35,36	0,86	0,1	0,1
3	33,13	37,10	1,12	0,17	0,17
4	33,80	38,44	1,3	0,23	0,22
Forro	34,33	19,52	1,41	0,28	0,27

Na Estrutura A, foi observado um deslocamento de 1,41cm, enquanto na Estrutura B e C foi observado um deslocamento de 5 (cinco) vezes menor com a adição do núcleo rígido nesse exemplo de 5 pavimentos. O coeficiente Gama Z foi de 1,04 na estrutura A, e se aproximou da unidade nas demais.

Passou-se então ao estudo do modelo com 15 pavimentos. As Figuras 2 e 3 apresentam os deslocamentos máximo obtidos e os deslocamentos por pavimento em cada uma das variações da estrutura:

Figura 2. Deslocamentos máximos nas estruturas com 15 pavimentos.

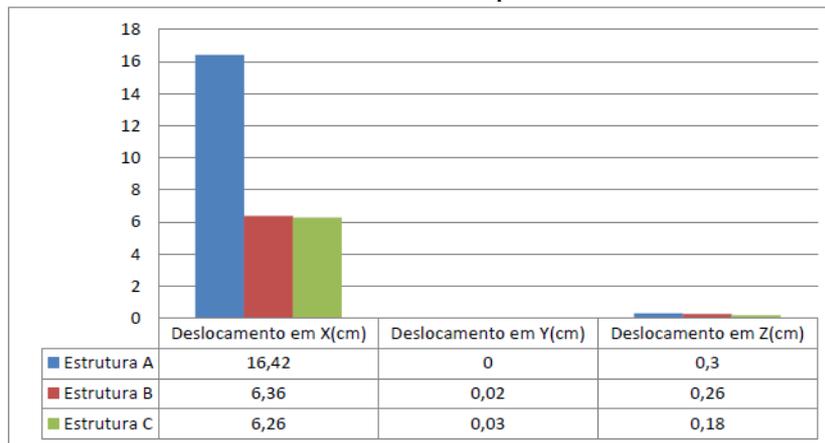
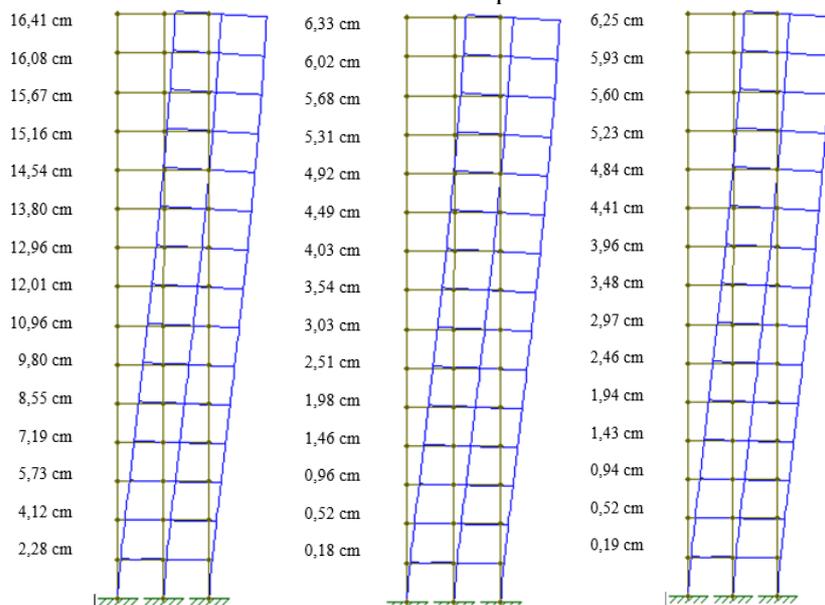


Figura 3. Deslocamento horizontal das estruturas com 15 pavimentos.



Em relação ao Gama Z, foram obtidos os valores da Tabela 2:

Tabela 2. Gama Z das estruturas com 15 pavimentos tipo.

Estrutura	Gama Z
Estrutura A	1,24
Estrutura B	1,06
Estrutura C	1,06

No modelo apresentado com 15 pavimentos, conseguimos notar o quanto o deslocamento diminui com a presença do núcleo rígido, comparando a Estrutura A com as Estruturas B e C. O mesmo raciocínio vale para o coeficiente Gama Z, o qual na Estrutura A, estaria superior ao limite do que seria considerado como uma estrutura de nós fixos adotado na NBR 6118:2014, o que exigiria uma análise como estrutura de nós móveis. Já com a adoção do núcleo rígido (Estruturas B e C), foi possível enquadrar a estrutura como de nós fixos, permitindo-se uma análise menos complexa em seu dimensionamento.

## CONCLUSÃO

O presente trabalho permitiu uma reflexão acerca da estabilidade global das estruturas (edifícios) em concreto armado. Com a variação do número de pavimentos pode-se perceber o aumento da magnitude dos deslocamentos horizontais e do parâmetro de estabilidade Gama Z, onde no edifício de 15 pavimentos pode-se deparar com a situação de extrapolação do limite estabelecido para estrutura de nós fixos.

A extrapolação desse limite obrigaria o redimensionamento dos elementos estruturais com a adoção de elementos com maiores seções transversais e, conseqüentemente, mais onerosos. No entanto, dado o número de pavimentos, necessariamente haveria a necessidade de elevador, assim a solução adotada passa pela consideração de um elemento existente em detrimento do aumento de seções transversais, ou seja, proporciona a concepção de uma estrutura mais econômica.

Importa ainda salientar que a consideração do núcleo rígido no cálculo estrutural aumenta a necessidade de integração dos projetos, ou seja, uma vez que a definição da localização do poço do elevador é realizada no projeto arquitetônico, uma boa interação entre os projetistas permitirá uma localização funcional desse elemento, de forma a garantir o maior incremento de inércia possível à estrutura.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas. Procedimento. Rio de Janeiro, 2004, 18p.
- \_\_\_\_\_. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980, 5p.
- \_\_\_\_\_. NBR 6123: Forças de vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988, 66p.
- \_\_\_\_\_. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014, 238p.
- Alva, G M. S.; Ferreira, M. A.; El Debs, A. L. H. C. Engastamento Parcial de Ligações Viga-Pilar em Estruturas de Concreto Armado. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais. V.2 - Num. 4 – dezembro. Ibracon, 2009.
- Carvalho, R. C.; Pinheiro, L. M. Cálculo e Detalhamento de Estruturas usuais de Concreto Armado. Rio de Janeiro: Pini, 2009.
- Chamberlain, Z. Ações do Vento em Edificações. Disponível em <[http://www.ufsm.br/decc/ECC1012/Downloads/Acao\\_do\\_vento\\_em\\_edificacoes\\_Apostila\\_UPF.pdf](http://www.ufsm.br/decc/ECC1012/Downloads/Acao_do_vento_em_edificacoes_Apostila_UPF.pdf)>. Acesso em: 07 mai. 2011, 21:40:27.
- Giongo, J. S. São Paulo: Concreto Armado: Introdução às propriedades dos materiais, 2007, 9 p. Disponível em: <[http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Introd\\_Prop\\_Materiais.pdf](http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Introd_Prop_Materiais.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2015.
- Moncayo, W. J. Análise de segunda ordem global em edifícios com estrutura de concreto armado. 2011. 221 P. Dissertação de Mestrado em Ciências, Programa de Engenharia Civil. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.
- Pinheiro, L.M. (2003). Notas de aula da disciplina Estruturas de Concreto A. São Carlos, EESC-USP.