

Análise de Segunda Ordem em Pórticos Espaciais de Concreto Armado

Matheus Pereira da Silva¹; Arlindo Pires Lopes²;
Aarão Ferreira Neto³; Mayk Oris Guerreiro⁴; Stefanny Di Samuel da Costa⁵

¹Eng. Civil, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus-AM, matheuslv2012@gmail.com;

²Ph.D. Em Estruturas, Prof, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus-AM, alopes@uea.edu.br;

³Dr. em Estruturas, Prof. Universidade Federal do Pará, Tucuruí-PA, aaraof@cca.ufpb.br;

⁴Eng. Civil, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus-AM, mog.eng@uea.edu.com;

⁵Eng. Civil, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus-AM, stefanny.costaa@gmail.com;

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO:

A crise no mercado da construção civil lançou os profissionais na busca por empreendimentos cada vez mais esbeltos e atrativos, além de econômicos, sendo importante nesta seara a análise de segunda ordem. O método prescrito pela ABNT NBR 6118:2014 permite avaliar os efeitos de segunda ordem através da majoração dos esforços horizontais por $0,95\gamma_z$. Os resultados desta pesquisa estabelecem um comparativo entre os deslocamentos horizontais obtidos majorando os esforços horizontais pelo coeficiente prescrito pela norma brasileira e os obtidos pelo processo P-Delta, utilizando o software SAP 2000 em pórticos espaciais, de ligações semirrígidas e apoios de segundo gênero. Foram avaliados os deslocamentos horizontais de três edificações com a mesma planta de fôrma, com 10, 20 e 30 pavimentos, considerando os efeitos de vento para a cidade de Manaus, com velocidade de 33 metros por segundo. Calculou-se o parâmetro de instabilidade α e o coeficiente γ_z para as três situações, visando o emprego do método simplificado prescrito pela ABNT NBR 6118:2014. Na edificação com dez níveis, praticamente não há diferença entre os deslocamentos obtidos pela análise linear e pelo processo P-Delta. Nas demais edificações, os deslocamentos horizontais na direção x são maiores quando empregado o método simplificado proposto pela norma brasileira. Os resultados obtidos são coerentes com análises anteriores realizadas em pórticos planos, de modo que aferiu-se que o método simplificado proposto pela norma, embora funcional em edificações menores, tende a superestimar esforços e deslocamentos conforme a estrutura se torna mais esbelta.

PALAVRAS-CHAVE: Deslocamentos, P-Delta, Estabilidade.

Second Order Analysis in Spatial Frames by the Methods P-delta and γ_z

ABSTRACT: horizontal stress by $0.95\gamma_z$. The results of this research establish a comparison between the horizontal displacements obtained by increasing the horizontal stresses by the coefficient prescribed by the Brazilian standard and those obtained by the P-Delta process, using SAP 2000 software in space porticos, semi-rigid connections and second-generation supports. The horizontal displacements of three buildings with the same formwork plant were evaluated, with 10, 20 and 30 floors, considering the wind effects for the city of Manaus, with a speed of 33 meters per second. The instability parameter α and the coefficient γ_z were calculated for the three situations, aiming at the use of the simplified method prescribed by ABNT NBR 6118: 2014. In the ten-level building, there is practically no difference between the displacements obtained by linear analysis and the P-Delta process. In the other buildings, the horizontal displacements in the x direction are greater when the simplified method proposed by the Brazilian standard is used. The obtained results are consistent with previous analyzes carried out in flat porticos, so that it was verified that the simplified method proposed by the standard, although functional in smaller buildings, tends to overestimate efforts and displacements as the structure becomes slimmer.

KEYWORDS: *Displacements, P-Delta, Stability.*

INTRODUÇÃO

Uma análise da estabilidade global em estruturas está se tornando de extrema importância, posto que grandes avanços tecnológicos se fazem presente na engenharia civil. Grandes empreendimentos foram lançados visando suprir a demanda de edificações, residencial, comercial e industrial. É o caso, por exemplo, do cálculo estrutural, com versões mais atualizadas de softwares, simulando com maior precisão as ações atuantes na estrutura (LUCCHI, 2016).

KONAPURE e DANSHETTI (2015) afirmaram em suas publicações no International Journal of Engineering que as análises de segunda ordem são atualmente indispensáveis para assegurar a obtenção dos estados limites de serviço, aliando isto a um modelo de projeto enxuto, devendo-se primar pela eficiência na obtenção dos esforços. Atualmente, o comportamento de segunda ordem da estrutura é avaliado através de programas computacionais que utilizam o processo P-Delta ou, de uma maneira mais simples, a majoração dos esforços através do coeficiente γ_z , definido pela ABNT NBR 6118:2014. O presente trabalho objetiva realizar uma análise comparativa entre o método simplificado da NBR 6118:2014 e o processo P-Delta.

MATERIAL E MÉTODOS

Os efeitos de segunda ordem serão avaliados em três edificações, com 10 (situação 1), 20 (situação 2) e 30 (situação 3) andares, com iguais plantas de fôrma, localizadas na cidade de Manaus, Estado do Amazonas. A figura 4 mostra os elementos estruturais que compõem a planta de fôrma.

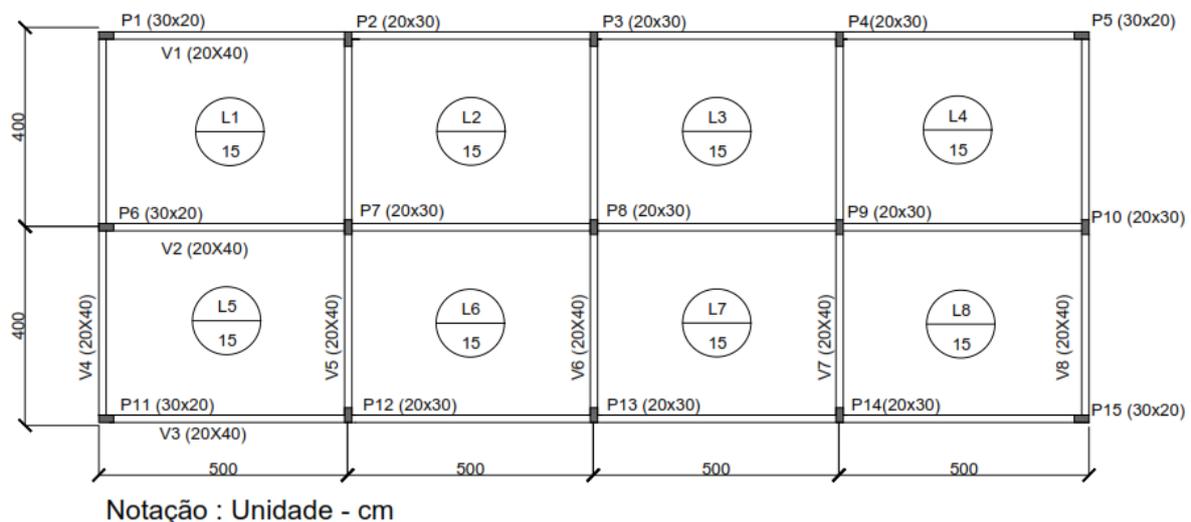


Figura 1 Planta de fôrma das edificações.

Para análise dos esforços de segunda ordem, neste artigo foram modelados pórticos espaciais no programa comercial SAP 2000, de 10, 20 e 30 pavimentos, respectivamente, de modo a testar a diferença de resultado entre métodos ao longo de diferentes edificações.

Como características importantes, cita-se o fato de que não foi considerada a formação de rótulas plásticas ou de qualquer forma de perda de rigidez nas ligações.

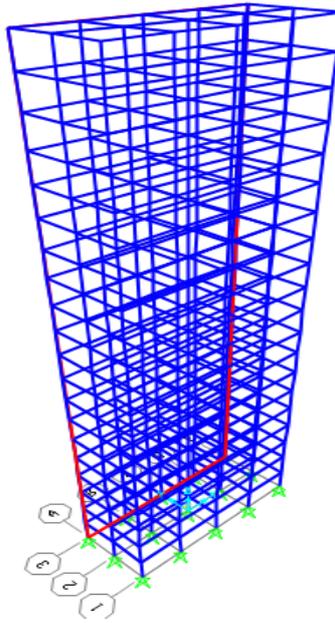


Figura 2 Pórticos Espaciais.

Ação do vento nos painéis

Inicialmente são obtidas as forças de arrasto em Kn/m^2 nas direções longitudinal e transversal das edificações, utilizando a fórmula $F_a = C_a \cdot q \cdot A_e$, prescrita pela ABNT NBR 6123:1988. Onde: F_a - força externa à edificação agindo na superfície plana de área A_e , C_a - coeficiente de arrasto; q - carga dinâmica de vento e A_e - área da projeção ortogonal da edificação sobre um plano perpendicular à direção do vento, inicialmente com valor unitário. O parâmetro q , dado em Kn , é função da velocidade característica ($q = 0,613 \cdot V_k^2$), a qual depende da velocidade básica (V_0) e dos fatores S_1 , S_2 e S_3 ($V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$).

Na cidade de Manaus, a ABNT NBR 6123:1988 prescreve o valor de 33 m/s para a velocidade básica. As características do local da edificação, de topografia do terreno e geometria do edifício, e o tipo de construção conduzem aos seguintes valores, nas duas direções: $S_1 = 1,0$; $S_2 = 0,956$ e $S_3 = 1,0$.

As forças de arrasto por m^2 nas direções longitudinal (horizontal) e transversal, ficam, assim, definidas conforme a aplicação da equação da força de arrasto, que atuará em Kn/m^2 , sendo calculada na ordem de grandeza de $0,845 \text{ Kn/m}^2$, atuando na face de maior dimensão da edificação. Na figura abaixo, a face rosada indica o sentido da ação do vento na edificação.

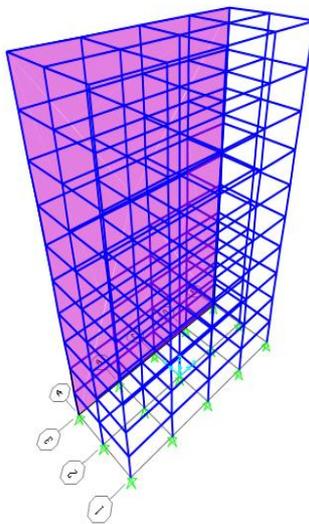


Figura 3 Ação do Vento no Painel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados na figura 4 os deslocamentos horizontais da edificação com dez andares, na direção do eixo x, que foram obtidos através da análise linear e do processo P-Delta, utilizando o software SAP 2000. Não foi utilizado o método simplificado proposto pela ABNT NBR 6118:2014 por ser o coeficiente γ_z , na direção x, da edificação inferior a 1,1.

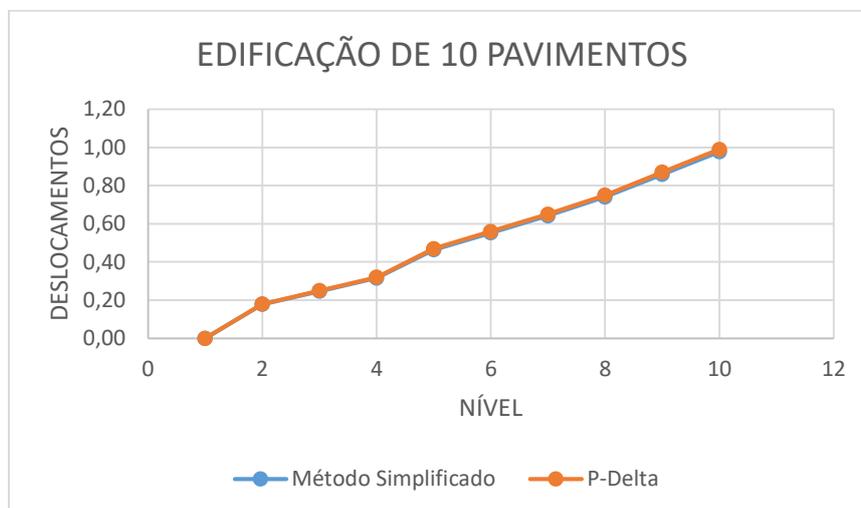


Figura 4 – Edificação com dez andares.

As figuras mostram as curvas representativas dos deslocamentos horizontais, na direção x, obtidas utilizando o método simplificado proposto pela ABNT NBR 6118:2014 e o processo P-Delta.

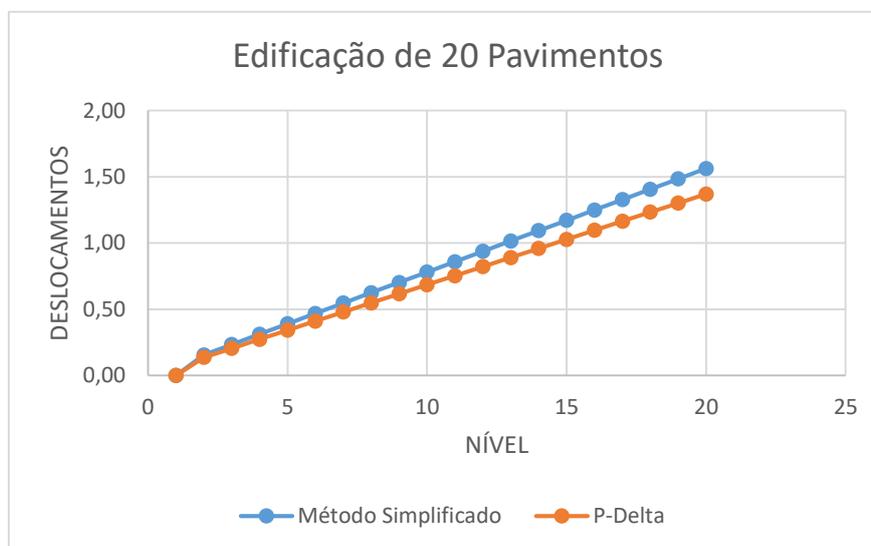


Figura 5 – Edificação com vinte andares

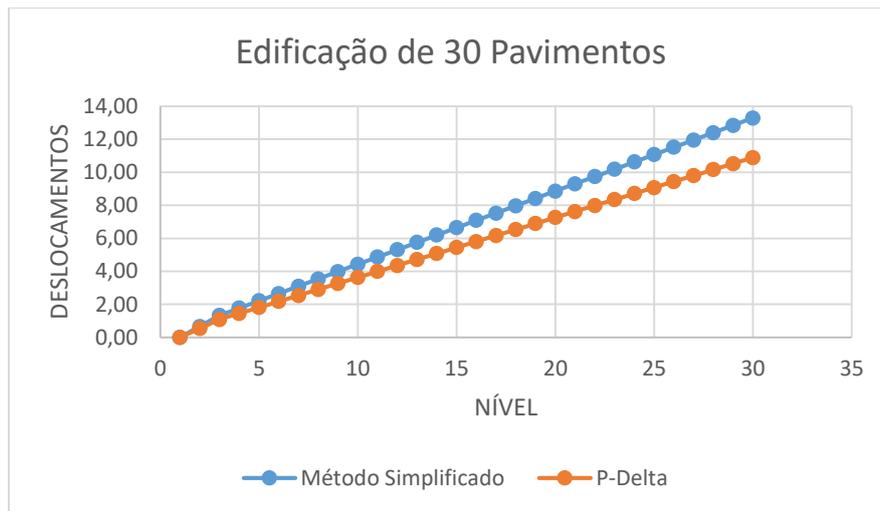


Figura 6 – Edificação com trinta andares.

CONCLUSÃO

Os resultados, coerentes com pesquisas anteriores envolvendo pórticos planos de rigidez equivalente, denotam que o método simplificado preposto pela norma apresenta uma certa fragilidade no que concerne à uma análise crítica dentro dos termos econômicos e analíticos, uma vez que tende a superestimar esforços uma vez que o índice de esbelteza da edificação se torna mais elevado.

Na edificação de 10 pavimentos, de proporções realistas considerando as dimensões dos elementos estruturais apresentados, os deslocamentos foram ínfimos, obedecendo o estado limite de serviço. Igualmente ínfima foi a diferença entre os métodos, o simplificado minorou em 0,3% o resultado em relação ao deslocamento aferido através do processo P-Delta.

No segundo modelo, de 20 níveis, temos o início de uma perceptível variação de deslocamentos resultantes de um leve superdimensionamento do método simplificado em relação ao processo P-Delta, de 14%, considerável dado o vulto mediano da edificação.

No último modelo, de 30 níveis, a diferença torna-se demasiada, posto que o majoramento adicional da carga de vento por $0,95 \gamma_z$ forneceu resultados superiores em 22% aos aferidos através do modelo computacional P-Delta.

Disto decorre que o método simplificado, embora prático e menos custoso em termos de processamento, tende a superestimar os esforços atuantes em estruturas mais esbeltas, devendo ser limitado a elementos de elevada rigidez para evitar superdimensionamentos.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6123: Determinação das cargas devido ao vento**. Rio de Janeiro, 2001.
- BECK, H. and KÖNIG, G. **Haltekräfte im Skelettbau**. In: Beton- und Stahlbetonbau, n. 62, tome 1 (pp. 7-15) and tome 2 (pp. 37-42), Berlin, 1967.
- BRANCO, A.L.L.V. **Análise não-linear de pórticos planos, considerando os efeitos do cisalhamento no cálculo de esforços e deslocamentos**. In: Revista IBRACON de estruturas. São Carlos, 2002.
- ELLWANGER, R.J. **Um limite variável para o parâmetro de instabilidade de estruturas de contraventamento formadas por associações de pórticos com paredes ou núcleos**. In: Revista IBRACON de estruturas. Rio de Janeiro, 2012.
- DHANSHETTI, P.V, KONAPURE, C.G. **Effect of P-Delta action on multi-storey buildings**. In: International Journal of Engineering Research and Technology, 2015.
- KARIM, S. **P-Delta effect in reinforced concrete structures of rigid joint**. In: International Journal of Engineering Research and Technology, 2013.
- KIMURA, A.E. **Informática aplicada em estruturas de concreto armado: cálculos de edifícios com o uso de sistemas computacionais**. São Paulo: Editora Pini, 2007.
- MONCAYO, W.J.Z. **Análise de segunda ordem global em edifícios com estrutura de concreto armado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.