

UTILIZAÇÃO DO COEFICIENTE GAMA-Z EM EDIFÍCIOS ASSIMÉTRICOS DE PEQUENO PORTE EM CONCRETO ARMADO

Vítor Augusto Pazin (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS) – Campus Aquidauana) E-mail: pazinvitor@gmail.com

João Pedro Loureiro De Castro (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS) – Campus Aquidauana) E-mail: jplcastro@hotmail.com

Luan Matheus Moreira (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS) – Campus Aquidauana) E-mail: luan.moreira@ifms.edu.br

Resumo: Dentre os métodos disponíveis para a avaliação da estabilidade global em estruturas de concreto armado, pode-se citar o coeficiente γ_z , o qual é amplamente utilizado devido a facilidade de estimar os efeitos de segunda ordem com relativa precisão. Todavia a ABNT NBR 6118:2014 inviabiliza o uso deste coeficiente para estruturas com menos de quatro pavimentos. Atualmente existem pesquisas que estudam a utilização deste para estruturas simétricas, sendo necessário assim o estudo levando em conta a assimetria nas estruturas. Portanto, este trabalho tem como objetivo explorar os critérios necessários para avaliação da não linearidade geométrica na análise dos efeitos de segunda ordem globais em estruturas assimétricas de pequeno porte. Para tanto, foram desenvolvidos 32 modelos assimétricos e com diferentes características de composição estrutural, sendo simulados e processados no software AltoQi Eberick considerando os coeficientes redutores de rigidez para vigas e pilares dispostos na literatura. Os resultados encontrados apontaram que o uso do coeficiente γ_z é viável em edificações com menos de quatro pavimentos ao levar em conta a aplicação dos coeficientes para a não linearidade física propostos na literatura, além de constatar que o uso da majoração por $0,95 \cdot \gamma_z$ não é recomendado.

Palavras-chave: Efeitos de segunda ordem globais. Coeficiente gama-z. Edifícios assimétricos de pequeno porte.

USE OF THE GAMA-Z COEFFICIENT IN SMALL ASYMMETRIC BUILDINGS IN REINFORCED CONCRETE

Abstract: Among the methods available for the evaluation of global stability in reinforced concrete structures, the γ_z coefficient can be mentioned, which is widely used due to the ease in estimating the second-order effects with relative precision. However, ABNT NBR 6118:2014 makes the use of this coefficient unfeasible for structures with less than four floors. Currently there are researches that study the use of this for symmetrical structures, thus being necessary the study taking into account the asymmetry in the structures. Therefore, this work aims to explore the criteria needed to evaluate geometric nonlinearity in the analysis of global second-order effects in small asymmetric structures. Thus, 32 asymmetric models were developed with different characteristics of structural composition, being simulated and processed in the AltoQi Eberick software considering the stiffness reduction coefficients for beams and columns available in the literature. The results found showed that the use of the γ_z coefficient is feasible in buildings with less than four floors when taking into account the employment of the coefficients for the physical nonlinearity proposed in the literature, in addition to verifying that the use of the application of $0,95 \cdot \gamma_z$ is not recommended

Keywords: Global second-order effects. Gama-z coefficient. Small asymmetric buildings.

1. Introdução

A ABNT NBR 6118:2023 trata de assuntos referentes ao projeto de estruturas de concreto. No item 15.7.3 há uma consideração quanto à não linearidade física (NLF), que segundo a norma, deve ser considerada apenas para edificações de concreto armado com quatro ou mais pavimentos.

Além da NLF também existe a não linearidade geométrica (NLG). Esta necessita da inclusão da NLF para avaliar os efeitos gerados pelos deslocamentos na estrutura.

Segundo o item 15.5 há dois métodos para avaliação da NLG em uma estrutura: o parâmetro de instabilidade α e o coeficiente γ_z . O primeiro pode ser utilizado em edificações com menos de quatro pavimentos, todavia o mesmo não pode ser utilizado para quantificar os efeitos de segunda ordem globais. Limitação não existente no segundo método, porém há uma restrição normativa quanto a utilização deste coeficiente para estruturas de pequeno porte (i. e., até três pavimentos).

A ABNT NBR 6118:2023 demanda, em seu item 15.4.2, a necessidade de avaliação dos efeitos de segunda ordem globais, de acordo com as seguintes circunstâncias:

- São consideradas estruturas de nós fixos aquelas onde os deslocamentos horizontais dos nós são pequenos e, por consequência, os efeitos de segunda ordem globais são ínfimos, apresentando valor inferior a 10% dos respectivos esforços de primeira ordem. Nesses casos é suficiente considerar os efeitos locais e localizados de segunda ordem.
- As estruturas de nós móveis por sua vez, são aquelas onde os deslocamentos horizontais não são pequenos e, portanto, os efeitos de segunda ordem globais são significativos, apresentando valor superior a 10% dos respectivos esforços de primeira ordem, em casos como esses deve-se levar em consideração tanto os esforços de segunda ordem globais quanto os locais e localizados.

Os métodos mencionados anteriormente são considerações simplificadas para avaliação da NLG em estruturas, onde ainda pode-se citar o processo P- Δ , o qual baseia-se em iterações numéricas e pode ser utilizado como estratégia de comparação dos resultados obtidos através do coeficiente γ_z . Em relação aos coeficientes redutores de rigidez obtidos pela consideração da NLF aproximada para estruturas de pequeno porte foram encontradas discrepâncias comparando os estudos de Bueno (2014) e Moreira e Martins (2018a) onde, segundo Fontoura (2021), os resultados da segunda pesquisa se aproximaram mais dos valores validados pelo mesmo.

O coeficiente γ_z foi desenvolvido e idealizado por Franco e Vasconcelos (1991) e, de acordo com Bueno (2014), tem por finalidade medir o grau de sensibilidade de uma edificação com relação aos efeitos de segunda ordem globais, podendo ser utilizado para majorar os efeitos de primeira ordem, resultando nos efeitos de segunda ordem.

Moncayo (2011) destaca que valores acima de 1,3 demonstram que a estrutura possui um grau de instabilidade crítico, e valores menores que 1,0 apresentam incoerência e total instabilidade da estrutura.

Calculado o valor de γ_z , pode-se então determinar os esforços finais através da multiplicação dos esforços de primeira ordem por $0,95 \cdot \gamma_z$. Contudo, o uso de tal método só é permitido para estruturas reticuladas de no mínimo quatro pavimentos, onde a falta de evidências sobre a NLF aproximada para este porte de estruturas é o que justifica tal limitação. Além disso, Moncayo (2011) pontua que estruturas com menos de quatro pavimentos frequentemente apresentam pavimentos diferentes e certa irregularidade nos elementos estruturais de um piso a outro.

Moncayo (2011), Bueno (2014) e Cunha (2017) consideram que a adoção de majoração para obtenção dos esforços de segunda ordem torna-se melhor com o uso exclusivo de γ_z , ao invés de $0,95 \cdot \gamma_z$.

As determinações do coeficiente γ_z em estruturas de pequeno porte obtidas por Fontoura (2021) consideram apenas estruturas simétricas, todavia quando se observa o avanço dos modelos arquitetônicos, percebe-se a criação de projetos mais arrojados e assimétricos, mesmo para edificações com poucos pavimentos. Estruturas assimétricas não apresentam nenhum plano de simetria ao longo de seus eixos e conforme se adicionam pavimentos as assimetrias tornam-se cada vez mais relevantes. Com isso, a análise deve ser feita globalmente, visando-as como um todo, além de características indutoras de assimetria na edificação, tais como: o uso e ocupação da estrutura e o ambiente onde está inserida.

A utilização do coeficiente γ_z é interessante pela facilidade na determinação dos efeitos de segunda ordem globais, pois o valor obtido pelo coeficiente pode ser utilizado como majorador dos esforços de primeira ordem. Assim, a necessidade do estudo sobre o uso deste coeficiente para estruturas de pequeno porte é justificável, o que foi feito por Fontoura (2021) em estruturas simétricas. No entanto, não se observaram pesquisas sobre o uso do coeficiente γ_z em estruturas assimétricas de pequeno porte em concreto armado.

Portanto, o objetivo geral desta pesquisa foi explorar os critérios necessários para avaliação da NLG na análise dos efeitos de segunda ordem globais em estruturas assimétricas de pequeno porte.

Para tanto, os objetivos específicos foram: (i) Avaliar a NLG pelos coeficientes γ_z e P- Δ em estruturas assimétricas de pequeno porte e (ii) Realizar teste estatístico sobre o uso do coeficiente γ_z em estruturas assimétricas de pequeno porte.

2. Metodologia

Esta pesquisa tem uma abordagem quantitativa, tendo em vista que foram realizadas simulações numéricas para investigação do objeto de pesquisa.

Avaliou-se a utilização do coeficiente γ_z em estruturas assimétricas de pequeno porte, na verificação da estabilidade global comparando-se com os resultados obtidos pelo processo P- Δ . Para isso, foi feita a utilização do software AltoQi Eberick, versão 15.293, disponibilizado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS) - Campus Aquidauana.

Os modelos estudados caracterizam edificações com assimetria em uma direção, e com 1, 2, 3 e 4 pavimentos. O arranjo estrutural utilizado foi inspirado na edificação não simétrica apresentada por Moncayo (2011), esquematizando sacadas em balanço em uma única face da edificação. A Figura 1 ilustra o modelo.



Figura 1 – Esquemática da estrutura não simétrica
Fonte: elaborado pelos autores

Outras características pertinentes nos modelos, são:

- Classe de agressividade ambiental II, à grande usabilidade.
- Velocidade básica do vento de 43 m/s, seguindo a isopleta apresentada pela ABNT NBR 6123:2023, juntamente com o desaprumo aplicado nas quatro direções (0°, 90°, 180° e 270°). Ressalta-se que a velocidade básica foi adotada como uma constante pois, segundo Moreira e Martins (2018b), a variação na velocidade básica do vento é de pequena influência na Estabilidade Global.
- Considerou-se a presença de paredes compostas por blocos de vedação cerâmico vazado com 14 cm de espessura, por ser comum o uso de 15 cm de espessura, considerando a parede acabada. A altura de alvenaria considerada é a altura de piso a piso, com exceção do pavimento cobertura em que se aplicou uma altura de 1,5 metros (referente a platibanda localizada nas vigas de extremidade e central), excluindo a presença de aberturas.
- O pavimento tipo dispõe de lajes maciças com espessura de 12 cm, com atuação de cargas verticais uniformemente distribuídas de 3 e 1,4 kN/m², referente a áreas de uso comum e revestimentos de pisos de edifícios residenciais (ABNT NBR 6120:2019), para as cargas acidental e de revestimento, respectivamente. Para o pavimento cobertura, considerou-se a atuação de cargas verticais distribuídas de 0,4 kN/m², referente a uma cobertura composta por telhas de fibrocimento onduladas (com espessura até 5 mm) e estrutura de madeira (ABNT NBR 6120:2019).
- Para o balanço (vigas de extremidade com alvenaria de bloco cerâmico vazado com 14 cm de espessura e 1,5 m de altura, resultando em uma carga linearmente distribuída de 1,68 kN/m).

As Figuras 2 e 3 representam as plantas de forma desenvolvidas.

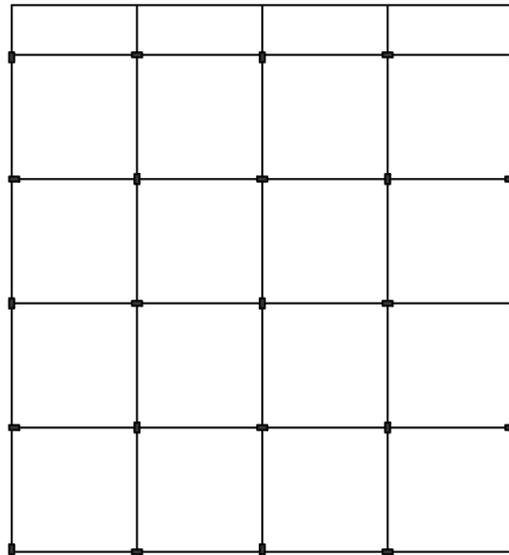


Figura 2 – Planta de Forma F1
 Fonte: elaborado pelos autores

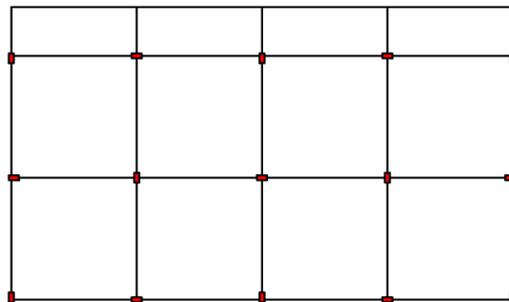


Figura 3 – Planta de Forma F2
 Fonte: elaborado pelos autores

O Quadro 1 apresenta as características conhecidas a priori que influenciam a estabilidade global da estrutura e, a partir disso, foi adotada uma nomenclatura pertinente.

Quadro 1 – Variáveis dos modelos

| Descrição | Tipo | |
|-----------|--|----|
| | Resistência característica do concreto (fck) | a |
| Formas | f1 | f2 |
| Dimensões | d1 | d2 |

Fonte: elaborado pelos autores

Para Quadro 2, indicam-se as escolhas adotadas para a resistência característica do concreto, a partir dos limites inferior e superior normativos. A classe de agressividade II limita inferiormente com o uso de concreto de classe C25 conforme a Tabela 7.1 da ABNT NBR 6118:2023. O limite superior segue a classe de resistência de concretos dispostos no grupo 1, como indicado na Tabela 1 da ABNT NBR 8953:2015.

Quadro 2 – Tipos de resistência característica do concreto

| Nomenclatura | fck (MPa) |
|--------------|-----------|
| a | 25 |
| b | 50 |

Fonte: elaborado pelos autores

A descrição das configurações estruturais é indicada no Quadro 3. As medidas adotadas foram arbitrárias visando-se limites inferior e superior para as situações comumente utilizadas em estruturas de pequeno porte. Assumiu-se para o vão do balanço como sendo a metade do vão entre as vigas.

Quadro 3 – Tipos de configurações estruturais iniciais

| Nomenclatura | Vigas (cm x cm) | Pilares (cm x cm) | Altura piso a piso (m) | Vão entre vigas (m) | Vão do balanço (m) |
|--------------|-----------------|-------------------|------------------------|---------------------|--------------------|
| d1 | 12 x 30 | 14 x 30 | 3 | 3 | 1,5 |
| d2 | 20 x 50 | 20 x 40 | 4 | 5 | 2,5 |

Fonte: elaborado pelos autores

O Quadro 4 ilustra as combinações de simulação executadas no software, seguindo a nomenclatura abordada no Quadro 5.

Quadro 4 – Combinações de simulação

| | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1af1d1 | 1bf1d1 | 1af2d1 | 1bf2d1 | 1af1d2 | 1bf1d2 | 1af2d2 | 1bf2d2 |
| 2af1d1 | 2bf1d1 | 2af2d1 | 2bf2d1 | 2af1d2 | 2bf1d2 | 2af2d2 | 2bf2d2 |
| 3af1d1 | 3bf1d1 | 3af2d1 | 3bf2d1 | 3af1d2 | 3bf1d2 | 3af2d2 | 3bf2d2 |
| 4af1d1 | 4bf1d1 | 4af2d1 | 4bf2d1 | 4af1d2 | 4bf1d2 | 4af2d2 | 4bf2d2 |

Fonte: elaborado pelos autores

Quadro 5 – Descrição da simbologia adotada no Quadro 4

| SIMBOLOGIA | |
|------------------------------------|------------|
| Número de pavimentos | 1, 2, 3, 4 |
| Tipos de fck | a, b |
| Tipos de plantas de forma | f1, f2 |
| Tipos de configurações estruturais | d1, d2 |

Fonte: elaborado pelos autores

Para a configuração das fundações, os pilares foram convertidos em “Pilares de Fundação” e o vínculo do pilar com o apoio foi considerado como engastado. A fundação propriamente dita foi coroada com blocos. As bitolas dos pilares foram configuradas para até 32mm, excluindo-se as bitolas de 8 mm e 25 mm, as quais são permitidas no software. A taxa de armadura dos pilares aplicada nas simulações foi de 8%, seguindo a orientação do item 17.3.5.3.2 da ABNT NBR 6118:2023.

As lajes foram engastadas entre si, tendo em vista sua continuidade. As lajes de bordo livre foram consideradas como rotuladas. Para as vigas, a única alteração feita foi quanto à permissão de ancoragem em laço, a qual foi liberada.

A ancoragem em laço é utilizada quando a largura do apoio não é suficiente, a largura utilizada é a largura total menos os cobrimentos do apoio, outros motivos que fazem seu uso necessário são devido ao excesso de armadura positiva, ou que possuam bitola muito grande, dificultando ou impossibilitando a sua dobragem no interior do pilar de apoio.

Quanto à consideração da não linearidade física, para os modelos com 4 pavimentos foram adotados os coeficientes normativos para redução de rigidez de vigas, pilares, lajes e estacas. Para os modelos com 3 pavimentos ou menos, utilizou-se os coeficientes propostos por Moreira e Martins (2018a), os quais indicam a redução de rigidez apenas para vigas e pilares, mantendo assim o valor normativo para lajes e estacas.

Houve alteração na seção “Geral” da aba “Análise” da guia “Projeto”, na qual os valores para “Redução na torção para os pilares” foram adotados como 85%, seguindo a orientação do item 17.5.1.2 da ABNT NBR 6118:2023.

As demais configurações processuais do software não foram alteradas, mantendo-se assim a configuração padrão.

Após as configurações detalhadas, fez-se o processamento, com os erros corrigidos pelo programa nas abas de: “Vigas”, “Lajes”, “Pilares” (de cada pavimento), e “Pilares em Prumada”.

A análise das simulações teve início a partir dos modelos que possivelmente apresentariam uma situação crítica, sendo eles 4af1d1 e 4af1d2, devido às características que influenciam sua estabilidade. Durante a simulação do modelo 4af1d1 foi necessário alterar a seção dos pilares e vigas, que inicialmente eram dispostos por: 14 x 30 cm e 12 x 30 cm, conforme a Quadro 3; sendo necessária a alteração para 16 x 30 cm e 15 x 35 cm, respectivamente, de acordo com o Quadro 6.

Quadro 6 – Tipos de configurações estruturais finais

| Nomenclatura | Vigas (cm x cm) | Pilares (cm x cm) | Altura piso a piso (m) | Vão entre vigas (m) | Vão do balanço (m) |
|--------------|-----------------|-------------------|------------------------|---------------------|--------------------|
| d1 | 15 x 35 | 16 x 30 | 3 | 3 | 1,5 |
| d2 | 20 x 50 | 20 x 40 | 4 | 5 | 2,5 |

Fonte: elaborado pelos autores

Decorrido o processamento do modelo 4af2d2 apresentou-se um erro nos blocos de coroamento dos pilares de canto, opostos ao balanço. A estaca estava sendo tracionada pois não foi considerada a interação solo e estrutura. A solução foi majorar o momento máximo para 1000 kN.m na configuração das características da estaca adotada.

Para realizar o processamento de cada modelo, foram marcadas as opções:

- Dimensionamento dos elementos → dimensionar todos os elementos.
- Determinação dos deslocamentos do pórtico → calcular rigidez fissurada.

Estas opções estão presentes em "Análise → Processar". Após o processamento de cada

modelo, obtiveram-se os valores do coeficiente γ_z e do processo P- Δ dos modelos idealizados.

A validação do coeficiente γ_z ocorreu a partir da comparação entre os valores de P- Δ e γ_z em cada modelo, tendo em vista que o primeiro utiliza uma formulação mais rigorosa. O software Eberick apresenta valores para não linearidade geométrica nas quatro direções de incidência de vento (x+, x-, y+, y-), as quais seguem a orientação do plano cartesiano padrão. Os resultados de análise gerados pelo software apresentam 4 valores para o coeficiente γ_z e 9 para o processo P- Δ .

Para a consideração dos valores de P- Δ o programa utiliza resultados de deslocamento inicial, considerando apenas os esforços de primeira ordem, e compara com os deslocamentos finais, que consideram os efeitos de segunda ordem. O valor percentual de P- Δ é um comparativo dos deslocamentos iniciais e finais. Além disso, são gerados valores para carga acidental, vento e desaprumo, totalizando 9 resultados.

Desta forma, considerou-se o maior valor para o coeficiente γ_z e processo P- Δ em cada modelo processado, para posterior comparação a partir de estatísticas descritivas.

3. Resultados e Discussões

Nesta seção apresentam-se os resultados do coeficiente γ_z e do processo P- Δ , obtidos através das simulações dos modelos empregados no Quadro 4. Desta forma, será avaliada a NLG em estruturas de concreto armado assimétricas de pequeno porte. Também será apresentado um tratamento estatístico comparativo dos valores de γ_z e P- Δ obtidos nos processamentos globais destes modelos. A Tabela 1 ilustra estes resultados.

A Figura 4 ilustra, em gráfico de linhas, os valores obtidos por cada modelo.

Tabela 1 – Comparativo entre os maiores valores de γ_z e P- Δ

| Modelo | γ_z | P- Δ |
|--------|------------|-------------|
| 1af1d1 | 1,03 | 1,02 |
| 1bf1d1 | 1,02 | 1,01 |
| 1af2d1 | 1,03 | 1,02 |
| 1bf2d1 | 1,02 | 1,01 |
| 1af1d2 | 1,05 | 1,03 |
| 1bf1d2 | 1,04 | 1,02 |
| 1af2d2 | 1,08 | 1,03 |
| 1bf2d2 | 1,05 | 1,02 |
| 2af1d1 | 1,06 | 1,06 |
| 2bf1d1 | 1,04 | 1,04 |
| 2af2d1 | 1,07 | 1,06 |
| 2bf2d1 | 1,04 | 1,04 |
| 2af1d2 | 1,14 | 1,10 |
| 2bf1d2 | 1,09 | 1,06 |

| | | |
|--------|------|------|
| 2af2d2 | 1,18 | 1,10 |
| 2bf2d2 | 1,11 | 1,06 |
| 3af1d1 | 1,11 | 1,10 |
| 3bf1d1 | 1,07 | 1,06 |
| 3af2d1 | 1,11 | 1,10 |
| 3bf2d1 | 1,07 | 1,07 |
| 3af1d2 | 1,25 | 1,19 |
| 3bf1d2 | 1,15 | 1,12 |
| 3af2d2 | 1,27 | 1,19 |
| 3bf2d2 | 1,16 | 1,12 |
| 4af1d1 | 1,09 | 1,09 |
| 4bf1d1 | 1,06 | 1,06 |
| 4af2d1 | 1,09 | 1,09 |
| 4bf2d1 | 1,06 | 1,06 |
| 4af1d2 | 1,17 | 1,16 |
| 4bf1d2 | 1,11 | 1,10 |
| 4af2d2 | 1,17 | 1,16 |
| 4bf2d2 | 1,11 | 1,10 |

Fonte: elaborado pelos autores

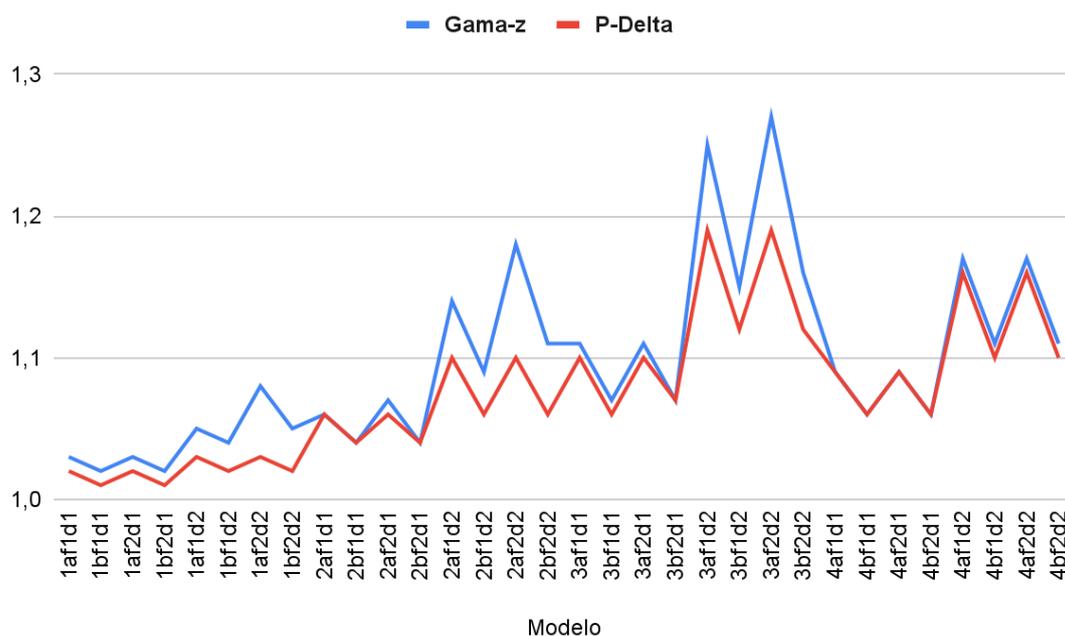


Figura 4 – Comparativo de valores para cada modelo

Fonte: elaborado pelos autores

A Tabela 2 dispõe dos valores médios de γ_z e $P-\Delta$ para cada pavimento, bem como as relações de $\gamma_z/(P-\Delta)$ e $(0,95 \cdot \gamma_z)/(P-\Delta)$.

Tabela 2 – Margem de segurança $\gamma_z/P-\Delta$

| Pavimentos | Média de Valores (γ_z) | Média de Valores ($P-\Delta$) | Relação $\gamma_z/P-\Delta$ | Relação $0,95 \cdot \gamma_z/P-\Delta$ |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 1,04 | 1,02 | 101,96% | 96,86% |
| 2 | 1,08 | 1,06 | 101,89% | 96,79% |
| 3 | 1,13 | 1,11 | 101,80% | 96,71% |
| 4 | 1,10 | 1,10 | 100,00% | 95,00% |

Fonte: elaborado pelos autores

Como pode-se observar na Tabela 2, os valores de γ_z seguem crescentes para 1, 2 e 3 pavimentos, enquanto para 4 pavimentos o valor torna-se reduzido comparado aos demais. Isso se dá pela adoção dos coeficientes redutores de rigidez inseridos na consideração da não linearidade física aproximada proposta por Moreira e Martins (2018a), ao passo que para 4 pavimentos fez-se o uso da recomendação normativa do item 15.7.3 da ABNT NBR 6118:2023. Nota-se também que os valores de γ_z permanecem maiores que os de $P-\Delta$ para 1, 2 e 3 pavimentos, o que não se repete para os de 4 pavimentos, em que há uma igualdade entre os resultados, tal fato se dá pelo mesmo mecanismo descrito anteriormente.

Quanto às relações apresentadas na Tabela 2, observa-se que o uso exclusivo de γ_z permanece superior a $P-\Delta$ em todos os casos, com exceção da análise feita para 4 pavimentos. Como já comentado, a utilização de $0,95 \cdot \gamma_z$ não favorece a segurança, pois todos os resultados apresentaram uma inferioridade em comparação aos de $P-\Delta$. Portanto assim como Moncayo (2011), Bueno (2014) e Cunha (2017), não se recomenda o uso de $0,95 \cdot \gamma_z$ conforme item 17.5.2 da ABNT NBR 6118:2023.

4. Considerações Finais

Observou-se na literatura a importância da utilização do coeficiente γ_z como método simplificado de avaliação da estabilidade global em estruturas de concreto armado, porém, constatou-se uma lacuna sobre trabalhos que avaliam o uso do coeficiente γ_z em estruturas de concreto armado de pequeno porte e que apresentam assimetria em planta.

Com isso, no presente trabalho buscou-se avaliar a utilização do coeficiente γ_z em estruturas assimétricas de pequeno porte em concreto armado. A partir da análise das simulações dos modelos estruturais propostos, pôde-se conceituar que a correta consideração da NLF se torna impactante na avaliação da NLG para estruturas de pequeno porte. Nota-se também que o uso de apenas o coeficiente γ_z é mais adequado do que a majoração por $0,95 \cdot \gamma_z$.

Portanto, propõe-se que em uma nova revisão da ABNT NBR 6118:2023 seja permitido o uso do coeficiente γ_z em edificações com menos de quatro pavimentos, tendo em vista os coeficientes redutores de rigidez para estruturas de pequeno porte apresentados por Moreira e Martins (2018a), bem como a retirada da consideração de majoração por $0,95 \cdot \gamma_z$.

Como sugestão para futuros trabalhos aponta-se para a concepção de diferentes modelos estruturais para estruturas de pequeno porte e com assimetrias e a avaliação dos coeficientes redutores de rigidez para a consideração da não linearidade física apresentada pela ABNT 6118:2023 em edifícios de médio porte (4 a 20 pavimentos).

Referências

- ALTOQI.** *Eberick: 2022 - Plena for Windows 10.* Version 15.293. [S.I.]: AltoQi, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações.* Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *NBR 8953: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência.* Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto.* Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações.* Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- BUENO, M. M. E.** *Estudo de valores aproximados de rigidez equivalente para vigas e pilares para análises não-lineares globais em estruturas de concreto armado de pequeno porte.* 2014. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília DF, 2014.
- CUNHA, A. M.** *ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O COEFICIENTE GAMA-Z E O PROCESSO P-DELTA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.* 2017. 61 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Análise e Dimensionamento de Estruturas de Concreto Armado e Aço, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30715/1/ALEXANDRE%20DE%20MELO%20CUNHA.pdf>. Acesso em: nov. 2022.
- FONTOURA, N. C.** *Avaliação da Estabilidade Global de Estruturas de Concreto Armado de Pequeno Porte.* Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2021.
- FRANCO, M.; VASCONCELOS, A. C.** *Practical assessment of second order effects in tall buildings.* In: Colloquium on the CEB-FIP MC 90, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1991.
- MONCAYO, W. J. Z.** *Análise de segunda ordem global em edifícios com estrutura de concreto armado.* 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2011.
- MOREIRA, L. M.; MARTINS, C. H.** *Estruturas de pequeno porte em concreto armado: consideração aproximada da não-linearidade física para análise da estabilidade global.* Revista IBRACON Estruturas Materiais, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 1-25, fev. 2018a. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1983-41952018000100002>. Acesso em: out. 2022.
- MOREIRA, L. M.; MARTINS, C. H.** *Estruturas de porte pequeno em concreto armado: variáveis que influenciam a rigidez da estrutura.* Ciência e Engenharia, v. 16, n. 1, 2018b. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/19834071.v26.n1.2017.37926>. Acesso em: out. 2022.