

ESTUDO DA CONTRIBUIÇÃO DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO NA ESTABILIDADE GLOBAL DE EDIFÍCIOS DE CONCRETO ARMADO

STUDY OF CONTRIBUTION OF SEALING VARIETY IN THE GLOBAL STABILITY OF ARMED CONCRETE BUILDINGS

Leonardo Aprigio da Conceição Barbosa¹

Douglas Freitas Augusto dos Santos²

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos

² Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Estrutural – Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos (Orientador)

RESUMO: Para a consideração da rigidez de uma estrutura é necessário à consideração de todos os fatores que contribui para o mesmo, dentre esses fatores está à alvenaria. Esse trabalho analisa como a alvenaria contribui para a estabilidade global, verificando através de ações horizontais e verticais a distribuição do carregamento em toda construção. Para isso serão analisados os descolamentos, gama z e os momentos atuantes, considerando um modelo sem a alvenaria como elemento de rigidez, um modelo com aplicação da biela diagonal e um modelo onde a alvenaria é elemento apenas de casca (*shell*). As análises foram feitas no *Software* SAP 2000, versão 16, a partir do método dos elementos finitos. Conclui-se que diante os resultados apresentados, observar-se, que mesmo a alvenaria sendo considerada usualmente como elemento de preenchimento, houve significativa contribuição para o enrijecimento do edifício, podendo reduzir o impacto de ações horizontais e verticais na estabilidade global da estrutura.

Palavras chave: Alvenaria, Estabilidade, Estruturas de Concreto.

ABSTRACT: For the consideration of the rigidity of a structure is necessary to the consideration of all the factors that contribute to the same, among these factors is the masonry. This work analyzes how the masonry contributes to the global stability, verifying through horizontal and vertical actions the load distribution in all construction. In order to do this, we will analyze the detachments and the working moments, considering a model without masonry as element of rigidity, a model with application of the diagonal connecting rod and a model where the masonry is shell

element. The analyzes were made in SAP 2000 Software, version 16, using the finite element method. The results show that even the masonry is usually considered as a filling element, there was a significant contribution to the stiffening of the building, which could reduce the impact of horizontal and vertical actions on the overall stability of the structure.

Keywords: Masonry, Stability, Concrete Structure.

1 INTRODUÇÃO

No contexto da engenharia civil, rigidez estrutural é fator que determina a resistência do edifício em frente aos carregamentos e ações na estrutura. A alvenaria como elemento de vedação pode contribuir para a estabilidade da estrutura, inclusive alguns autores como FONSECA (2014), LOURENÇO (2014) e SILVA (2014) em seus estudos concluíram que a alvenaria prevê o enrijecimento da estrutura, dados esses obtidos através da modelagem numérica.

As normas brasileiras ainda não consideram no cálculo de uma estrutura a contribuição da alvenaria para a rigidez do mesmo, sendo essa a grande problemática, tendo em vista que normas internacionais já consideram a influência da alvenaria. Esse trabalho pretende mostrar através de modelagem no Software SAP 2000 versão 16, três modelos para obter - se os parâmetros que determina a rigidez de uma estrutura (Deslocamentos, Momentos, e Gama ϕ) e com essas informações é esperado que comprovemos de fato o objetivo da pesquisa.

As vantagens desse trabalho estão que na modelagem os resultados são confiáveis e irão apresentar como a estrutura está se comportando em frente a diversas situações. Esse tema é de grande relevância, pois busca melhorar as normas brasileiras em especial a NBR 6118(2014), que poderia ser revisada e complementada com a alvenaria de vedação em dimensionamentos. Com esse trabalho presume uma solução no dimensionamento de estruturas de concreto, onde poderia considerar a influência da alvenaria e juntamente com os demais fatores de influência de rigidez, simplificar os cálculos em um edifício.

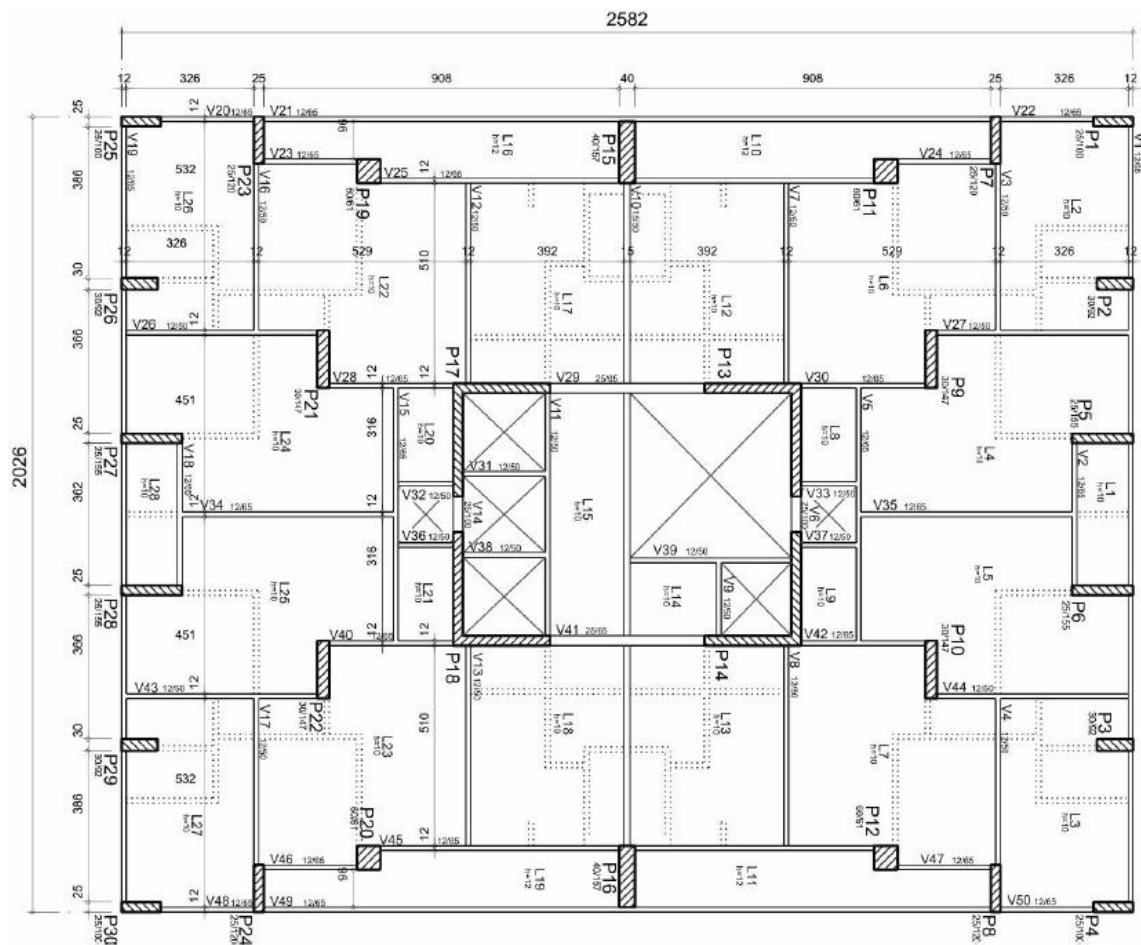
2 METODOLOGIA

2.1 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

O objeto de estudo será uma torre, de 104,95 metros de altura, localizado hipoteticamente no município de Palmas - TO, com 30 pavimentos tipo e demais

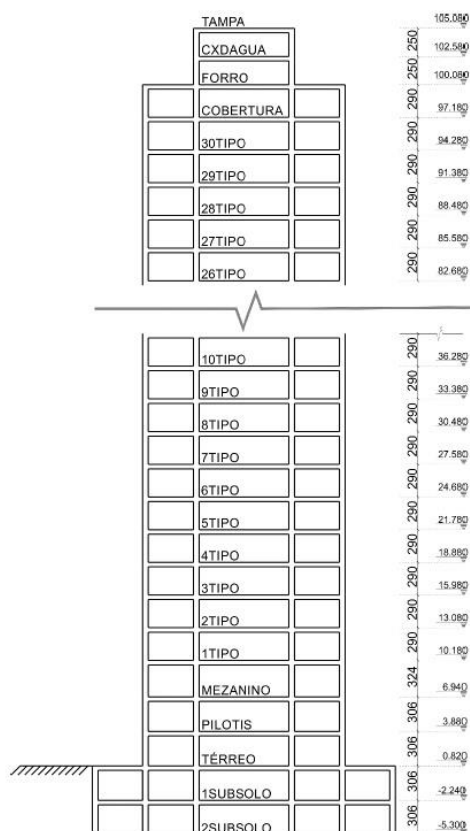
partes, sendo 2 subsolos, 1 térreo, mezanino, caixa d'água, forro, pilotis, cobertura e tampa. As dimensões em planta será 20,00 x 25,00 metros, com uma construção feita em pórticos de concreto armado, lajes e núcleo central rígido. Cada pavimento tem 4 apartamentos por andar e em cada apartamento há alvenarias dispostas sobre a laje. As paredes externas e internas são constituídas por blocos de tijolos cerâmicos e a resistência característica em projeto do concreto das vigas, lajes e pilares é de 30 MPa. As figura 1 e 2 mostram os detalhes do edifício a ser analisado.

Figura 1 – Planta baixa do pavimento tipo e corte do edifício



Fonte Elaboração própria (2018).

Figura 2 – Vista lateral do edifício



Fonte Elaboração própria (2018).

2.1.1 Carregamentos

Os carregamentos considerados na edificação estão representados na Tabela 1, de acordo com a NBR 6120 (1980). A carga de revestimento do edifício foi considerado o mínimo estabelecido pela norma NBR 6120 (1980) no valor de 1 kN/m².

Tabela 1 – Carregamentos considerados na estrutura

Tipo	Carregamento	Peso Específico dos Materiais (kN/m ³)
Permanente	Peso Próprio da Estrutura	25,0
Permanente	Parede	13,0
Tipo	Carregamento	Valores Mínimos das cargas verticais (kN/m ²)
Permanente	Revestimento	1,0
Acidental	Cobertura	0,5
Acidental	Sobrecarga Tipo	2,0

Fonte: Adaptado da NBR 6120 (1980).

a) Vento

As ações do vento são provenientes de vários fatores no local da construção. O primeiro fator que é analisado é a velocidade básica do vento (V_o), essa é uma média de velocidade da região e é obtida através da Isopletas de velocidade do vento da norma NBR 6123 (1988). Sendo assim temos

Velocidade básica do vento no Tocantins (V_o)= 30 m/s

Para determinação da Velocidade característica do vento (V_k) é necessário conhecer os valores dos fatores topográficos S_1 , S_2 e S_3 , todos determinados pela NBR 6123 (1988). O fator S_1 foi levado em conta o relevo do terreno, considerando o relevo de Palmas ser plano o $S_1 = 1,0$. O fator S_2 leva em conta a rugosidade do terreno em relação com as dimensões da edificação e a altura sobre o terreno, sendo assim, foi considerado a Categoria IV devido a cota média ser de 10 metros, Classe B, pela dimensão está entre 20 e 50 metros. Pela cota do edifício é possível extrair o fator S_2 pela tabela 2 da NBR 6123 (1988), sendo assim $S_2 = 0,93$. O fator S_3 é determinado apenas pelo grau de ocupação da construção, sendo assim o edifício se enquadra no grupo 2 da tabela 3 da NBR 6123 (1988), então $S_3 = 1,0$. O valor da velocidade característica do vento é obtido pela equação: $V_k = V_o \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$ e de acordo com esses valores apresentado o $V_k = 27,90$ m/s.

2.1.2 Materiais da Superestrutura

a) Concreto

Para esse edifício foi determinado um $F_{ck} = 30$ Mpa. O módulo de elasticidade é determinado pela NBR 6118 (2014) pela equação 1:

$$E = \alpha_E 5600 \sqrt{f_{ck}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde $\alpha_E = 1$, por determinação da NBR 6118 (2014). Resultando $E = 30.672,46$ Mpa

b) Aço

Foi considerado nesse trabalho o aço CA-50A, E_s = Módulo de elasticidade do aço adotado igual a 200 GPa e Coeficiente de Poisson: 0,20

c) Alvenaria

Os blocos cerâmicos considerados no modelo, foi o bloco de 6 furos, considerando somente que há um painel de bloco de concreto por pavimento localizado no núcleo rígido, os demais são blocos cerâmicos e as propriedades são:

Módulo de elasticidade da alvenaria de bloco cerâmico: 5.303 Mpa*

Coeficiente de Poisson da alvenaria de bloco cerâmico: 0,15*

Módulo de elasticidade da alvenaria de bloco de concreto: 10.259 Mpa*

*Coeficientes obtidos a partir de dados experimentais (Módulo de elasticidade do bloco cerâmico e do bloco de concreto), dados de norma (Coeficiente de Poisson - NBR 15812-1 (2010))

2.1.3 Combinações

As combinações tem por objetivo criar situações onde os carregamentos são levados aos extremos, permitindo a verificação dos estados limites de serviço (ELS) e o estado limite último (ELU). A seguir são apresentada as combinações criadas:

ELU1 – $F_d = \text{Peso Próprio}.1,0 + \text{Revestimento}.1,0 + \text{Parede}.1,0 + \text{Cobertura}.1,0$

ELU2 – $F_d = \text{Permanente_DESF} + \text{SC}.1,4 + V_x.084$

ELU3 – $F_d = \text{Permanente_DESF} + \text{SC}.1,4 + V_y.084$

Onde,

DESF. = Cargas desfavoráveis

SC. = Sobrecarga

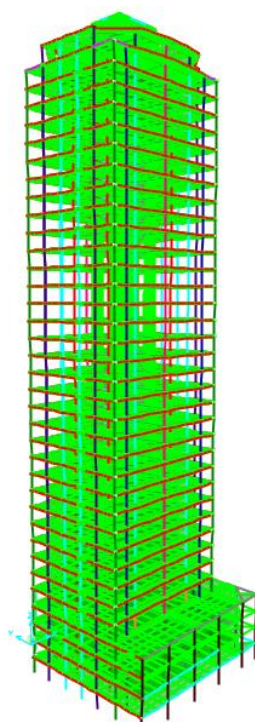
V_x e V_y = Esforços do vento na direção 0° e 90° respectivamente

2.2 MODELO 1 – REFERÊNCIA

O modelo 1, será composto de uma estrutura de concreto armado e será formado apenas por um pórtico espacial constituídos por vigas e pilares modelados como elementos de barra e adição de quatros pilares em “L” que fará parte do

núcleo rígido que serão modelados como elementos de casca. As lajes e as escadas, serão também modeladas como elementos de casca. O modelo será perfeitamente engastado na base e sua movimentação horizontal impedida nos arredores das garagens, onde está localizada as juntas de dilatação. Nesse modelo a alvenaria é considerada somente como carregamento distribuído na estrutura, sendo somente massa nesse modelo, sem influencia na rigidez da estrutura.

Figura 2 – Modelo de referência



Fonte: Elaboração própria (2018).

2.3 MODELO II – BIELA DIAGONAL

Modelo 2 tem as mesmas características do Modelo 1 com a diferença de que a ele será considerada a influência da alvenaria através da biela diagonal equivalente, isso significa que a contribuição de rigidez dos painéis é computada na análise da estrutura do modelo. A massa das bielas é desprezada no modelo, pois sua finalidade é apenas a simulação da rigidez da alvenaria e pelo fato das massas das alvenarias já estarem consideradas no Modelo 1. A ligação entre biela e pórtico é rotulada e sua largura (w) será calculada de acordo com a equação 2 desenvolvida por MAINSTONE (1971) e recomendada pela FEMA 356.

$$w = 0,175. (\lambda h')^{-0,4} \quad (\text{Equação 2})$$

$$\lambda = \left[\frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4 E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (\text{Equação 3})$$

h' = Altura, da coluna entre linhas do centro da viga;

h_{inf} = Altura do painel de enchimento;

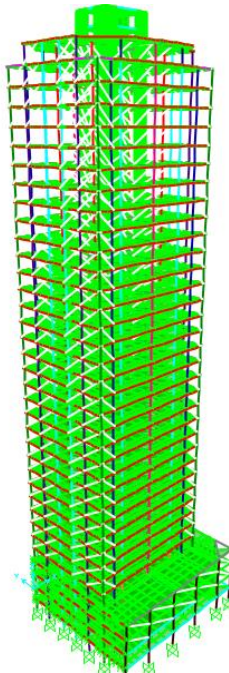
E_{fe} = Módulo de estabilidade do material da estrutura;

E_{me} = Módulo de estabilidade esperado do material de enchimento

I_{col} = Momento de inércia da figura.

t_{inf} = Espessura do painel de enchimento e suporte equivalente.

Figura 3 – Modelo com a biela diagonal



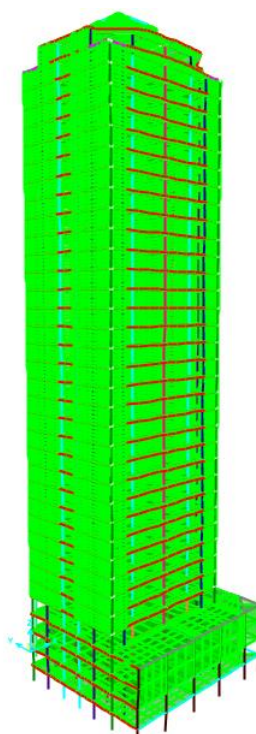
Fonte: Elaboração própria(2018).

2.3 MODELO III – ALVENARIA (*SHELL*)

O Modelo 3, também tem as mesmas características do Modelo 1 e é análogo ao Modelo 2, com a diferença de que as alvenarias serão consideradas como elementos de casca (*shell*) para se computar a contribuição da rigidez dos painéis de alvenaria. Nesse modelo a ligação parede-pórtico será considerada como ligação rígida. Além disso as aberturas de portas e janelas serão desprezadas para todos os painéis modelados como elementos de casca.

A estrutura construída é analisada pelo Método dos Elementos Finitos (MEF), devido a esse método permitir a obtenção de parâmetros que são fundamentais para esse trabalho. Esse método consiste em uma representação da estrutura em partes, denominadas elementos os quais através de métodos numéricos aproximados são determinados às tensões, deformações e descolamentos atuantes na estrutura (NASCIMENTO, 2015).

Figura 4 – Modelo alvenaria como elemento de casca (*shell*)



Fonte: Elaboração própria (2018).

Os deslocamentos laterais serão obtidos considerando a intensidade do vento característico na estrutura (vide NBR 6123 (1988)), considerando sua

aplicação perpendicular a face da edificação. As frequências e os modos de vibração serão obtidos em função das forças aplicadas na estrutura, como o vento entre outros, sendo assim feita a determinação. Com isso será feita a comparação entre os modelos apresentados a fim de verificar o comportamento do mesmo em virtude das forças aplicadas. No caso a comparação será feita nas direções x e y da estrutura, considerando também os deslocamentos laterais nos 30 pavimentos a serem estudados.

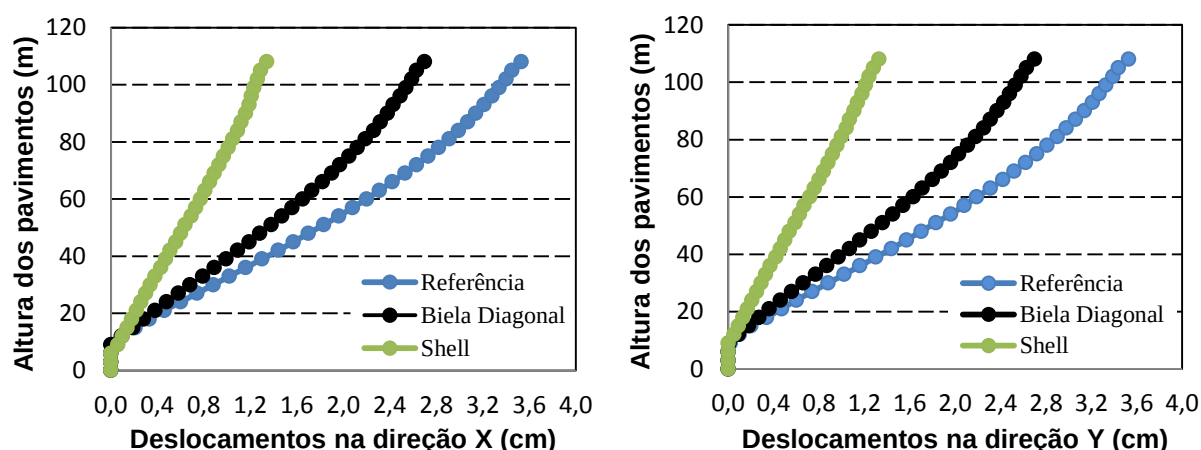
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram obtidos através de uma análise do Pilar P25, conforme mostrado na figura 1, devido ao mesmo ser um pilar de extremidade, representando a situação mais desfavorável no edifício.

3.1 Descolamentos

Os descolamentos analisados foram para o vento em 0° e 90° nas direções X e Y. A figura 3 mostra o comparativo entre os 3 modelos para a situação do vento a 0° e na figura 4, representa os deslocamentos entre os modelos para a situação do vento a 90°.

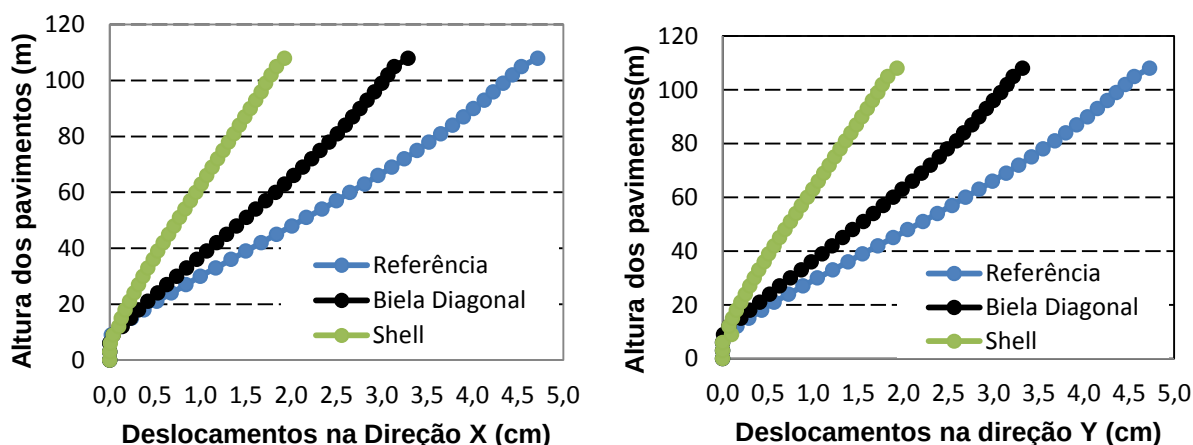
Figura 3 – Deslocamentos para o vento 0°.



Fonte: Elaboração própria (2018)

De acordo com a Figura 3, pode-se observar que houve redução nos descolamentos em relação ao modelo de referência e os demais modelos, especialmente no caso em que há o elemento de casca (*shell*). Houve redução de 23,51 % entre o modelo de referência e a utilização da biela e uma redução de 62,04% entre o modelo de referência e o de casca (*shell*), para o vento a 0°.

Figura 4 – Deslocamentos para vento 90°



Fonte: Elaboração própria (2018).

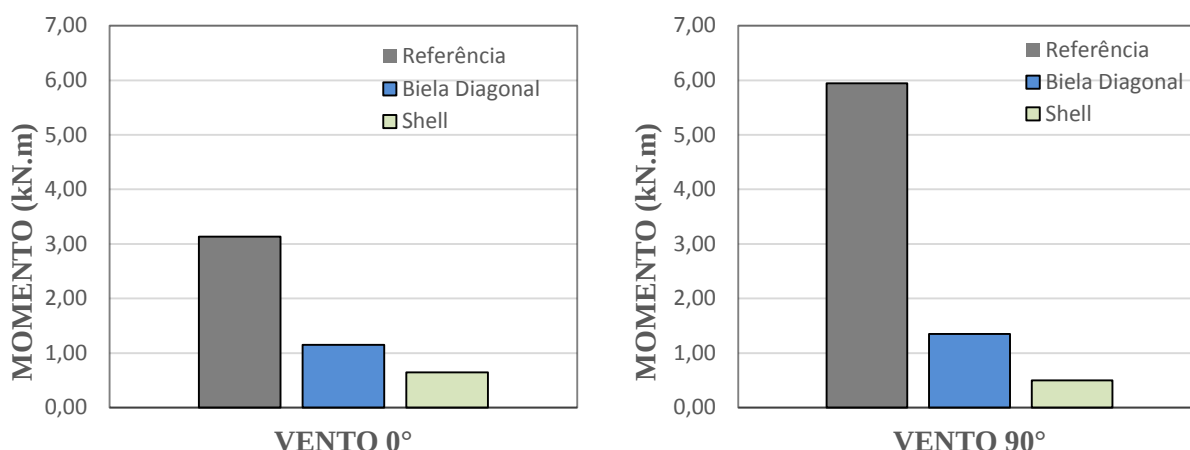
No caso do vento a 90°, representado pela figura 4, houve redução de 30,44% entre o modelo de referência e a biela diagonal e 59,20% de redução entre o modelo de referência e o elemento de casca (*shell*).

Os deslocamentos horizontais possuem um limite estabelecido pela NBR 6118 (2014), no qual está relacionado com a expressão $H/1700$, considerando a altura total do edifício de 104,95 metros, temos um deslocamento máximo de 6,17 cm, portanto para os modelos analisado, conclui-se que os valores estão em conformidade com a norma.

3.2 Momentos

Os momentos foram estudados através de combinação de carregamentos, sendo os mesmos apresentados no item 2.1.3. A figura 5 apresenta os momentos devido as combinações do vento a 0° e 90° nas condições desfavoráveis. Observa-se que ocorre uma redução do momento no edifício para os modelos analisados, isso se deve ao fato dos deslocamentos terem reduzidos conforme observou no item 3.1. Entre o modelo de referência e a biela diagonal, houve uma redução no momento em 63,34%, enquanto que com o modelo de casca a redução chegou a 79,42%, ambos para o vento a 0°. Já na situação do vento a 90° a redução do momento entre a referência e a biela chegou a 77,33% e para a referência e o modelo de casca (*shell*) a redução foi de 91,67%.

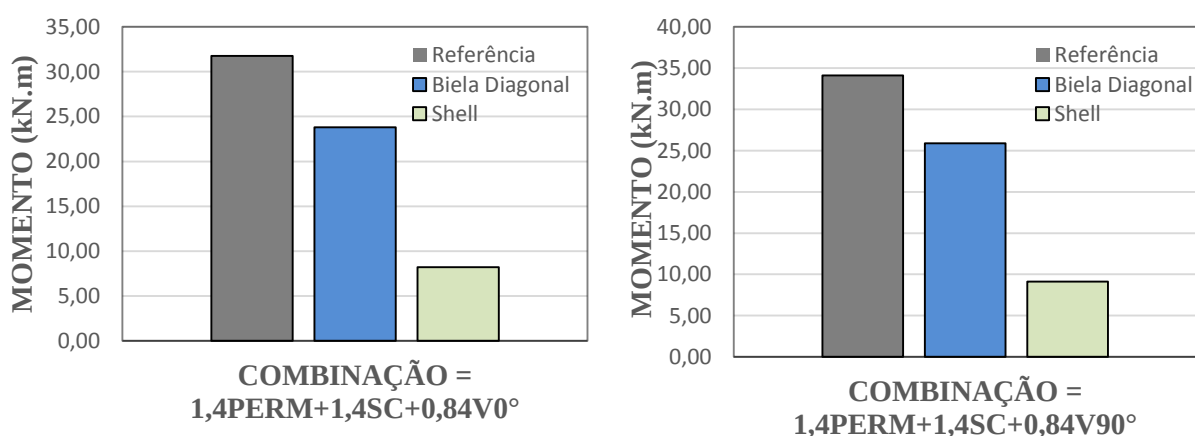
Figura 5 – Momento devido à força do vento



Fonte: Elaboração própria (2018).

Na figura 6, estão representados as combinações considerando uma situação desfavorável para o vento a 0° e 90°. Pode-se verificar que a combinação considerando uma situação desfavorável do vento, mostrou que há redução do momento entre os modelos para ambos os casos. Para a situação do vento a 0° a redução entre o modelo de referência e a biela é de 25,02%, enquanto a redução entre a referência e o modelo de casca (*shell*) é de 74,18%. Já no caso do vento a 90°, houve redução entre a referência e a biela de 24,06%, enquanto a referência e o modelo de casca (*shell*).

Figura 6 – Momento devido a combinação

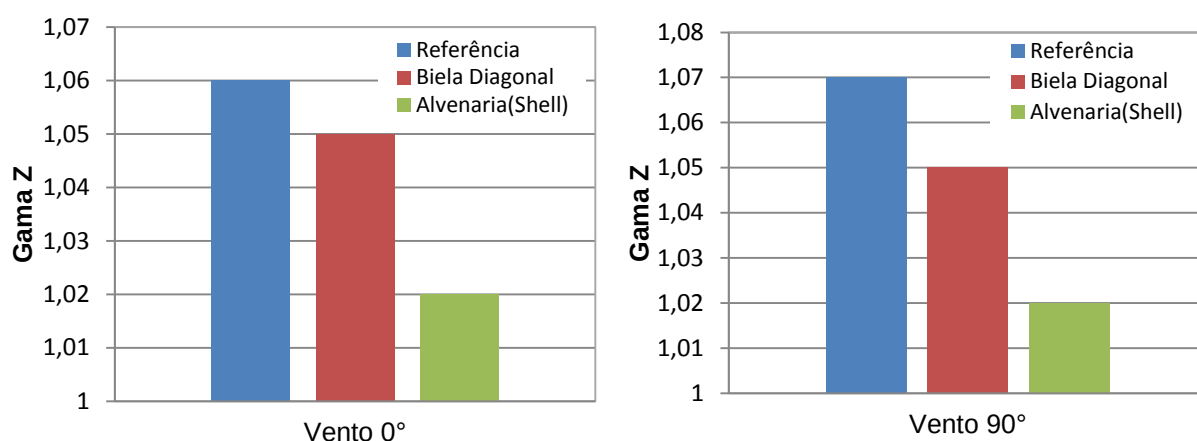


Fonte: Elaboração própria (2018).

3.3 Gama z

O gama z é o parâmetro mais usual para determinação da rigidez, pois relaciona os momentos de 1ª ordem com os momentos de 2ª ordem. A figura 7, apresenta os valores do coeficiente para os modelos analisados.

Figura 7 – Coeficiente Gama z para a situação de vento a 0° e a 90°



Fonte: Elaboração Própria (2018).

A partir do gráfico acima, verifica-se que houve redução do Gama z nos modelos, mostrando um melhor comportamento na situação em que o elemento de casca é adotado. A redução entre os modelos é pequena, no caso para o vento a 0° a alvenaria teve contribuição na redução de 3,77% e para o vento a 90°, 4,67% e isso ocorre devido à estrutura em si ser bem rígida devido ao núcleo central. De acordo com a NBR 6118 (2014), a estrutura foi considerada de nós fixos em todos os modelos, com isso, é dispensável a consideração dos momentos globais 2ª ordem.

4 CONCLUSÃO

Com o presente trabalho foi possível verificar através de dados numéricos como a alvenaria influência na estabilidade global do edifício. A partir dos gráficos, verificou-se, que houve bastante redução nos deslocamentos horizontais e consequentemente nos momentos, provenientes da rigidez que a alvenaria proporcionou, permitindo uma maior estabilidade do edifício e proporcionando uma

melhor compreensão do comportamento da alvenaria como elemento de rigidez, uma vez que, a norma NBR 6118 (2014) não faz nenhuma consideração a respeito.

É importante que as normas brasileiras pudessem a partir desses trabalhos fazer uma revisão na NBR 6118 (2014), a fim de possibilitar ao projetista a adoção dessa nova questão.

Mesmo sendo um modelo, essa estrutura analisada, corresponde aos vários edifícios que são construídos ao longo do Brasil e no cálculo estrutural seria importante a verificação da estabilidade global a partir da consideração dos elementos não estruturais que no caso desse trabalho é a alvenaria.

Possuem ainda outros fatores que poderiam ser explanados nesse trabalho, como a frequência ao longo do edifício, esforços cortantes e etc. Mas os deslocamentos e os momentos já permitem a comprovação dos objetivos do artigo e possibilita ainda novos trabalhos a respeito desse tema.

5 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto armado – Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro, 2014

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. 1 ed. Rio de Janeiro, 1980

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devido ao vento em edificações – Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro, 1988

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15812**: Alvenaria Estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 1. 1 ed. Rio de Janeiro, 2010

MONCAYO, Winston Junior Zumaeta. **Análise de segunda ordem global em edifícios com estrutura de concreto armado**. 2011. 221f. Dissertação (Mestrado em estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

SOUSA, Paulo Victor Almeida de. **Efeito dos painéis de vedação nas características dinâmicas de edificações de concreto armado**. 2014. 92f. Dissertação(Mestrado).Programa de engenharia civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

Nascimento, Adauto Cezar Rosa do, **Estudo numérico experimental da influência da alvenaria de vedação na rigidez de edifícios de concreto armado**. 2015. 112f. Dissertação(Mestrado). Programa de pós graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

Pontes Neto, Raul Maurício de. **Análise de processos simplificados para a avaliação da estabilidade global em estruturas de concreto armado**. 2017. 86f.

Trabalho de Conclusão de Curso. Centro de ciências Tecnológica e de saúde. Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2017.

Lacerda, Maiza Moana Silva et al. Avaliação dos Critérios Para Análise da Estabilidade Global em Edifícios de Concreto Armado: Estudo de Caso. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**. v. 9, n. 2, p. 24-37, jul. 2014.

BUENO, M. M. E.. **Estudo de valores aproximados de rigidez equivalente para vigas e pilares para análises não-lineares em estruturas de concreto armado de pequeno porte**. 2014, 230f. Tese(Doutorado), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

Parreira, Rui Manoel Ribeiro, **Análise de dados de vibração: Contributo para a definição do estado de condição**. 2009. 50f. Dissertação(Mestrado). Instituto Superior de Estatística e Gestão da Informação. Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2009