

ANÁLISE NÃO-LINEAR DE EDIFICAÇÕES MISTAS (AÇO-CONCRETO) SOB AÇÃO DE VENTO CONSIDERANDO A RIGIDEZ DAS ALVENARIAS

NON-LINEAR ANALYSIS OF COMPOSITE STRUCTURES FOR BUILDINGS UNDER WIND FORCES CONSIDERING THE STIFFNESS OF MANSORY

FERREIRA, Ana Lúcia de Sousa¹
CRUZ, Jefferson Rodrigues da²
BASTOS, Cristiane Cruxen Daemon D'Oliveira³

Resumo: A alvenaria de vedação constitui um dos elementos mais utilizados em obras civis na história da humanidade. Comumente empregada como elemento de vedação e divisão de cômodos nas edificações, ou seja, sem função estrutural, a alvenaria de vedação tem sido objeto de diversos estudos nos últimos anos visando avaliar a sua participação no comportamento global da estrutura face a solicitações laterais, como as causadas pelo vento. Embora esta participação seja, nos dias de hoje, amplamente reconhecida pela comunidade científica, a maior parte dos códigos técnicos ainda não aborda diretrizes práticas para a sua consideração nos projetos estruturais, sendo este um dos fatores pelos quais a consideração da alvenaria de vedação como elemento estrutural não é usual nos escritórios de cálculo no Brasil e no mundo. O presente artigo se propõe a abordar o tema por meio da realização de uma análise não-linear elástica de uma estrutura aporticada de 14 andares sob a ação de forças horizontais do vento, com o objetivo de avaliar o efeito no seu deslocamento lateral devido à consideração dos painéis de alvenaria no modelo estrutural utilizando a macro modelagem pelo método das diagonais equivalentes.

Palavras-chave: Análise estrutural; Painéis de alvenaria; Método das diagonais equivalentes.

Abstract: Masonry is one of the most used elements in civil construction in the history of humanity. Commonly employed as a fence element and division of rooms in buildings, without structural function, masonry infill has been the subject of several studies in recent years aiming to evaluate their participation in the overall behavior of the structure in face of lateral requests, such as those caused by the wind. In this context, many researches have emphasized the importance of considering, in the structural calculation, the effects, positive or negative, of the interaction between the masonry panels and the frames formed by beams and pillars filled by these panels. Although the contribution of masonry to the overall behavior of the structure is nowadays recognized in the scientific community, most of the technical codes still do not address practical guidelines for its consideration in structural projects, and this is one of the factors by which the use of masonry as a structural element is so uncommon in the calculation offices in Brazil and in the world. The present work intends to approach the subject by means of a nonlinear elastic analysis of a structure with 14 floors under the action of horizontal forces of the wind, in order to evaluate the effect on its lateral displacement due to the consideration of the masonry panels in the structural model using macro-modeling by the equivalent diagonal method.

Keywords: Structural analysis; Masonry panels; Equivalent diagonals method.

¹ Engenheira Civil - Universidade Santa Úrsula - acpana@gmail.com

² Engenheiro Civil - Universidade Santa Úrsula - jefferson.cruze@gmail.com

³ Doutoranda Engenharia Civil UFRJ / Professora Universidade Santa Úrsula – cristiane.daemon@usu.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A contribuição efetiva da alvenaria de vedação na estabilidade global de edifícios tem sido objeto de diversos estudos nos últimos anos por pesquisadores de todo o mundo, sendo o seu papel como elemento estrutural, nos dias de hoje, reconhecido cada vez mais no meio científico, embora ainda pouco utilizado na prática pelos projetistas de estruturas.

Este tema ganha ainda mais destaque com o crescimento, no Brasil e no mundo, do número de construções de edifícios com alturas elevadas, cuja análise dos deslocamentos laterais provocados por ações horizontais oriundas de forças do vento e da estabilidade global da estrutura são de vital importância. Neste tocante, uma análise não-linear do acréscimo na rigidez lateral da estrutura, resultante da consideração da alvenaria no projeto estrutural, torna-se bastante conveniente, verificando-se o impacto correspondente nos deslocamentos horizontais e nas reações nos apoios da estrutura.

Dessa forma, o objetivo principal deste artigo é apresentar os resultados de um estudo sobre a contribuição da alvenaria de vedação, considerada no estudo como elemento estrutural, no enrijecimento de uma estrutura em pórtico plano submetida a ações horizontais de vento. Os resultados serão comparados com os deslocamentos laterais e esforços solicitantes resultantes em um modelo onde o mesmo elemento não é considerado. Deste modo, será avaliada a amplitude das diferenças obtidas entre os modelos em uma análise elástica não-linear, utilizando-se um software de análise estrutural (SAP 2000 v14).

2. METODOLOGIA

Para cumprimento dos objetivos propostos, foi idealizado um edifício de estrutura mista de concreto e aço, representado por um modelo estrutural de pórtico plano típico de dois vãos e 14 andares (Modelo 1), adaptados da dissertação de Avakian (2007). A partir deste modelo, foram criados modelos derivados (Modelos 2 e 3), o primeiro com a consideração das lajes na rigidez da estrutura e o segundo com as lajes e a inclusão de barras diagonais equivalentes como elementos de contraventamento, representativas dos painéis de alvenaria. Em seguida, foram comparados os deslocamentos laterais e reações nos apoios dos modelos, submetidos às mesmas cargas horizontais (ação estática do vento) e verticais (cargas estáticas permanentes e acidentais).

2.1. Modelos analíticos no estudo das paredes de alvenaria

As pesquisas sobre tema têm sido efetuadas por meio de modelos analíticos que podem ser classificados basicamente em dois grupos, denominados:

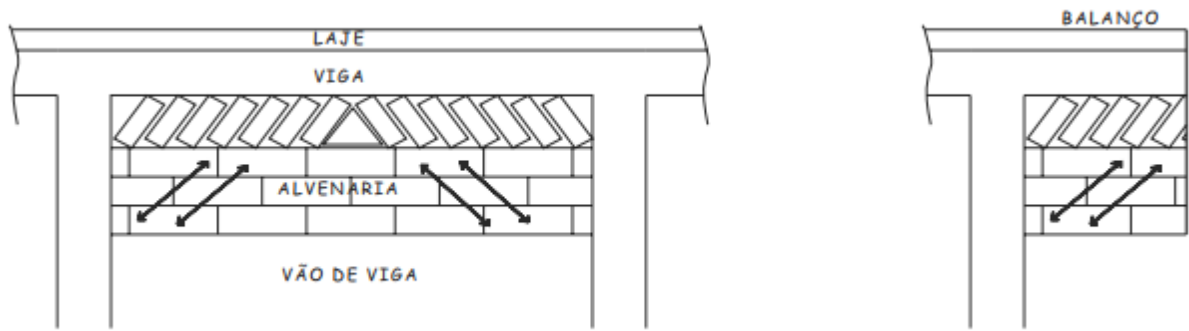
- (i) Micromodelos: são aqueles representados utilizando-se o Método dos Elementos Finitos (MEF) mediante ferramentas computacionais. O benefício da utilização de elementos finitos é a possibilidade de estudar com mais detalhes todos os possíveis modos de falha da estrutura em análise, no entanto, seu uso é limitado devido ao grande esforço computacional e tempo necessários na análise e modelagem; e
- (ii) Macromodelos: são aqueles que visam simplificar a forma de representação dos painéis de alvenaria por meio da sua substituição por um único elemento, evitando assim toda a complexidade e necessidade computacional dos micromodelos. As pesquisas que adotam esta abordagem, utilizam como ponto de partida o conceito de diagonais equivalentes, que vêm sendo discutido e aprimorado recorrentemente por diversos pesquisadores nas últimas décadas.

Vale ressaltar que, para que a alvenaria possa exercer contribuição efetiva no enrijecimento da estrutura, faz-se necessário que o painel esteja completamente em contato com os elementos do quadro viga-coluna, absorvendo, assim, parte dos esforços solicitantes laterais sofridos pelo quadro. Deste modo, qualquer espaço entre o painel e o quadro, geralmente presente entre o painel da alvenaria de vedação e a viga da laje superior, deve ser preenchido por meio de uma técnica conhecida como “encunhamento”. Dentre as técnicas de encunhamento mais conhecidas, pode-se citar:

- Tijolos maciços: utilização de tijolos maciços posicionados no sentido da deformação, trabalhando à compressão (Figura 1). Esta técnica tem sido pouco empregada atualmente devido ao custo alto deste tipo de tijolo em comparação ao tijolo furado e a outras técnicas de encunhamento (COSTA et al., 2005).
- Argamassa industrializada: preenchimento com argamassa industrializada (Figura 2), bastante utilizada atualmente e de fácil execução, contudo por se tratar de material muito rígido, pode apresentar fissuração (COSTA et al., 2005);
- Argamassa industrializada com aditivo expensor: técnica semelhante ao preenchimento com argamassa industrializada tradicional, com a vantagem de expansão e custo relativamente baixo (COSTA et al., 2005), conforme Figura 3.

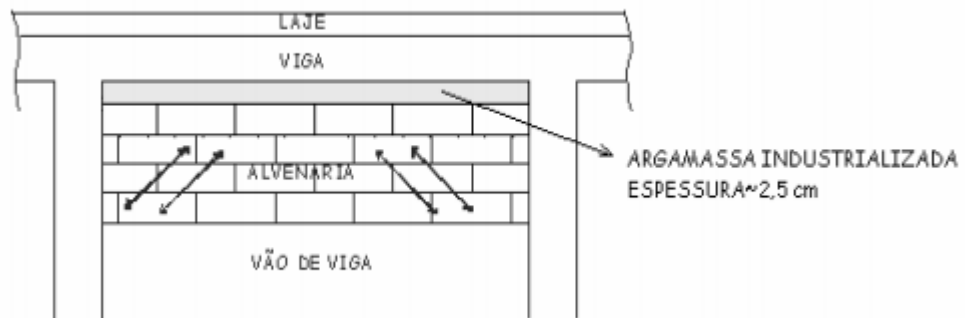
ANÁLISE NÃO-LINEAR DE EDIFICAÇÕES MISTAS (AÇO-CONCRETO) SOB AÇÃO DE VENTO
CONSIDERANDO A RIGIDEZ DAS ALVENARIAS

Figura 1 – Encunhamento utilizando tijolo maciço.



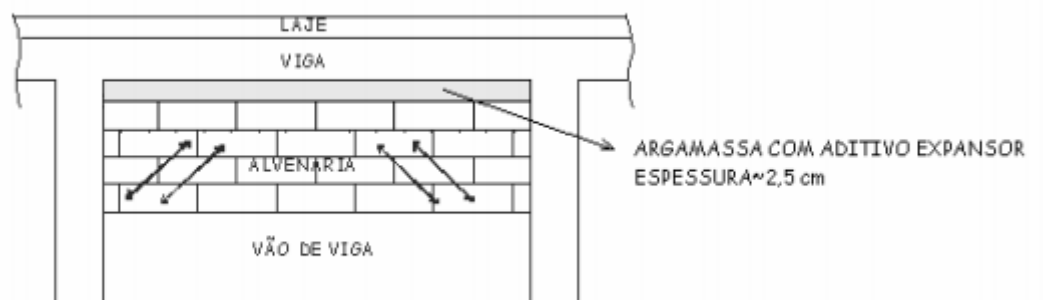
Fonte: Costa *et al.* (2005).

Figura 2 – Encunhamento utilizando argamassa industrializada.



Fonte: Costa *et al.* (2005).

Figura 3 – Encunhamento utilizando argamassa com aditivo expensor.

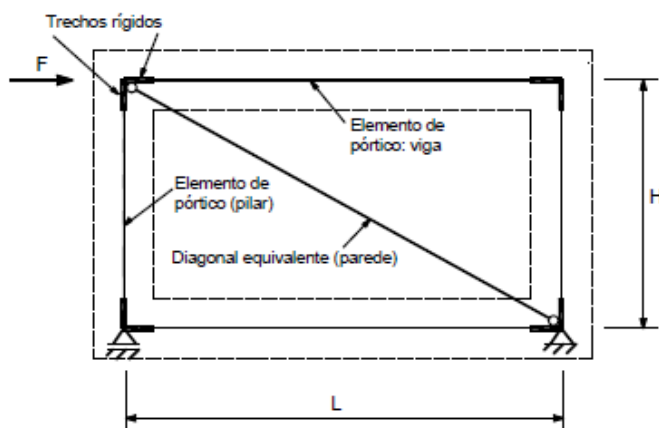


Fonte: Costa *et al.* (2005).

2.2. Método das diagonais equivalentes para representar paredes de alvenaria

Originalmente proposto por Polyakov (1956), o conceito de diagonal equivalente, empregado em estruturas submetidas a carregamentos laterais, como as ações do vento, consiste na substituição teórica do painel de alvenaria por uma barra diagonal birrotulada fictícia equivalente, conforme esquematizado na Figura 4.

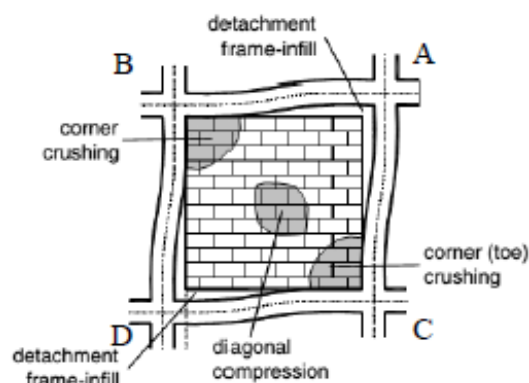
Figura 4 - Modelo com emprego da barra diagonal equivalente.



Fonte: Alva *et al.*(2015).

O ponto-chave para o desenvolvimento deste método de macromodelagem foi a observação de que, à medida que cargas horizontais crescentes são aplicadas na estrutura, o pórtico e a alvenaria se deslocam, exceto em dois cantos opostos, formando um elemento diagonal resistente comprimido, conforme Figura 5 (SOUSA, 2014).

Figura 5 - Modos de ruptura da alvenaria de preenchimento de pórtico: ruptura por esmagamento nos cantos e ruptura por compressão diagonal



Fonte: Asteris *et al.*, 2011, *apud* Sousa, 2014.

Esta sugestão foi posteriormente adotada por Holmes (1961), que propôs em seus estudos a substituição do painel de alvenaria por um elemento diagonal birrotulado composto pelo mesmo

material da alvenaria e tendo a mesma rigidez do painel, sendo a largura (w) da diagonal equivalente considerada arbitrariamente igual a 1/3 do comprimento desta diagonal (Equação (1)).

$$w = \frac{1}{3} d_{\text{inf}} \quad (1)$$

Stafford-Smith e Carter (1969) propuseram uma relação teórica para determinar a largura (w) da diagonal equivalente baseada na rigidez relativa do preenchimento e do quadro aporticado (Equação (2)). Esta relação é dada por $\lambda_h \times H$, em que λ_h é um parâmetro adimensional que leva em consideração o efeito de rigidez relativa entre o painel de alvenaria e o quadro, e H é a altura da coluna entre os eixos das vigas.

$$w = 0.58 \left(\frac{1}{H} \right)^{-0.445} \cdot (\lambda_h \cdot H_{\text{inf}})^{0.335} d_{\text{inf}} \left(\frac{1}{H} \right)^{0.064} \quad (2)$$

$$\lambda_h = \sqrt[4]{\frac{E_{\text{inf}} t \sin 2\theta}{4E_c I_c H_{\text{inf}}}} \quad (3)$$

Onde, t , H_{inf} e E_{inf} são, respectivamente, a espessura, a altura e o módulo de elasticidade do painel de alvenaria, θ é o ângulo entre a diagonal do painel e a horizontal, E_c é o módulo de elasticidade da coluna e I_c é o momento de inércia das colunas.

Nos anos seguintes, diversos pesquisadores realizaram estudos a fim de aperfeiçoar o conceito e propor métodos para a consideração das diagonais equivalentes na prática de projetos estruturais. De modo geral, o esforço principal destes trabalhos consistiu em determinar uma expressão para cálculo da largura do elemento diagonal equivalente a ser adotado para representação da alvenaria na estabilidade da estrutura. A Tabela 1 apresenta um breve comparativo de expressões propostas por diferentes autores para determinação da largura da barra diagonal equivalente:

Tabela 1 - Expressões propostas por diferentes autores para determinação da largura da barra diagonal equivalente

Autores (ano)	Expressões	
MAINSTONE e WEEKS (1974)	$a = 0,175 \cdot (\lambda_H)^{-0,4} \cdot D$	
LIAUW e KWAN (1984)	$a = \frac{0,95 \cdot \text{sen}(2\theta)}{2 \cdot \sqrt{\lambda_H}} \cdot D$	
DECANINI e FANTIN (1987)	Para painéis não fissurados: $\lambda_H \leq 7,85$: $a = \left(0,085 + \frac{0,748}{\lambda_H} \right) D$ $\lambda_H > 7,85$: $a = \left(0,130 + \frac{0,393}{\lambda_H} \right) D$	Para painéis fissurados: $\lambda_H \leq 7,85$: $a = \left(0,010 + \frac{0,707}{\lambda_H} \right) D$ $\lambda_H > 7,85$: $a = \left(0,040 + \frac{0,470}{\lambda_H} \right) D$
PAULAY e PRIESTLEY (1992)	$a = \frac{D}{4}$	
DURRANI e LUO (1994)	$a = \gamma \cdot \text{sen}(2\theta) \cdot D$ $\gamma = 0,32 \cdot \sqrt{\text{sen}(2\theta)} \cdot \left(\frac{H^4 \cdot E_t}{m E_p \cdot I_p \cdot h} \right)^{-0,1}$	$m = 6 \cdot \left(1 + \frac{6 E_v \cdot I_v \cdot H}{\pi E_p \cdot I_p \cdot L} \right)$ E_v = módulo de elasticidade do material da viga; I_v = momento de inércia à flexão da viga.
CHRYSOSTOMOU e ASTERIS (2012)	$a = 0,270 \cdot (\lambda_H)^{-0,4} \cdot D$	

Fonte: Asteris *et al.*, 2011, *apud* Silva, 2004

Como pode-se observar na Tabela 1, as expressões disponíveis são bastantes discrepantes, e ainda não há consenso na comunidade científica sobre qual seria a mais adequada. No presente artigo, decidiu-se por adotar as regras do código FEMA 356 para o cálculo da largura das diagonais equivalentes introduzidas no modelo, devido à sua relevância em termos de abrangência territorial e especificidade, e por tais regras resultarem em uma largura menor, e, portanto, mais conservadora, em comparação às expressões propostas por grande parte dos autores, segundo diversos trabalhos examinados durante a elaboração deste artigo (DÉSIR, 2012, p.3-8).

2.3. Detalhes do método adotado

O código FEMA 356 adota como expressão para o cálculo da largura da barra diagonal equivalente a equação empírica proposta por Mainstone e Weeks (1974), desenvolvida pelos autores com base em estudos experimentais e analíticos em quadros apertados preenchidos com blocos cerâmicos e de concreto, resultando nas Equações (4) e (5).

$$\frac{w}{d} = 0.175 (\lambda' h')^{-0.4} \quad (4)$$

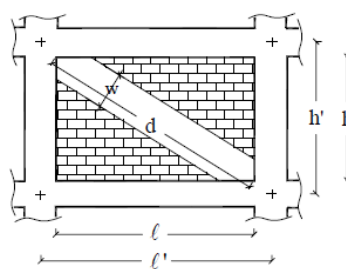
e

$$\lambda' = \sqrt[4]{\frac{E_d t \sin(2\theta)}{4 E_f I_c h}} \quad (5)$$

Em que, w a largura da diagonal equivalente, d o comprimento da diagonal entre os cantos comprimidos do quadro, t a espessura do painel, h e ℓ a altura e comprimento do painel, respectivamente, $\theta = \arctan (h/ \ell)$, I_c o momento de inércia das colunas, h' = altura do pilar medido entre o centro das vigas, E_d o módulo de elasticidade do painel e E_f = módulo de elasticidade do material constituinte do quadro viga-coluna. Vale observar a igualdade entre as Equações (3) e (5) com relação à expressão para o cálculo da rigidez relativa (λH) do conjunto painel-quadro.

A Figura 6 apresenta as características geométricas referentes às Equações (4) e (5).

Figura 6 - Características geométricas nas Equações (4) e (5)



Fonte: Amato, 2004.

Para fins de análise global da estrutura, o código FEMA 356 determina que a barra diagonal equivalente pode ser colocada concêntrica à diagonal do painel, salientando, no entanto, que nesta configuração as forças impostas nas vigas e colunas pelo painel não são representadas. Os efeitos locais destas forças podem ser analisados com a colocação da barra de modo excêntrico à diagonal do painel.

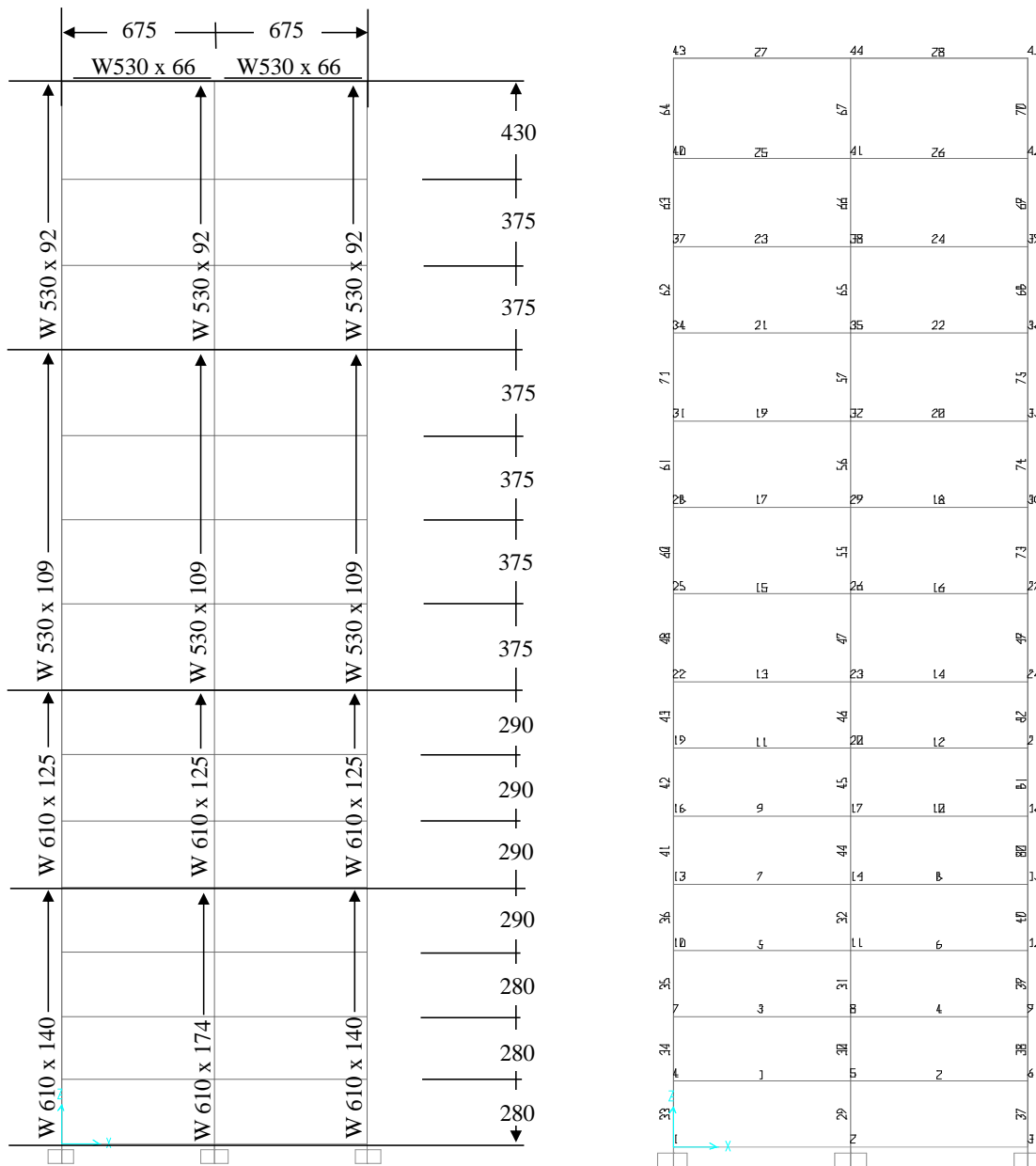
O código especifica, ainda, que a estrutura equivalente deve ter as mesmas propriedades de rigidez e módulo de elasticidade do painel de alvenaria, não deixando claro, no entanto, em qual direção o módulo de elasticidade deve ser calculado. No presente artigo, adotamos os valores de resistência à compressão (f_{pk}) e de módulo de elasticidade (E) da alvenaria conforme mínimos propostos pela NBR 15812-1: $f_{pk} = 1,5$ MPa (0,15 kN/cm²) e $E = 600 \times f_{pk} = 900$ MPa (90 kN/cm²).

2.4. Modelos analisados

Os seguintes modelos de pórticos planos foram elaborados e analisados no software de análise estrutural SAP2000 versão 14, todos sujeitos aos mesmos carregamentos horizontais e verticais:

- Modelo 1: Pórtico plano não contraventado, composto por vigas e colunas metálicas, sem laje de concreto, com geometria (Figura 7) e carregamentos adaptados da dissertação de AVAKIAN (2007), e deslocabilidade média, calculada conforme anexo D da NBR 8800:2008.

Figura 7 - Modelo estrutural



(a) Perfis metálicos utilizados e dimensões da estrutura

(b) Numeração dos nós da estrutura

Fonte: adaptado de Avakian (2007)

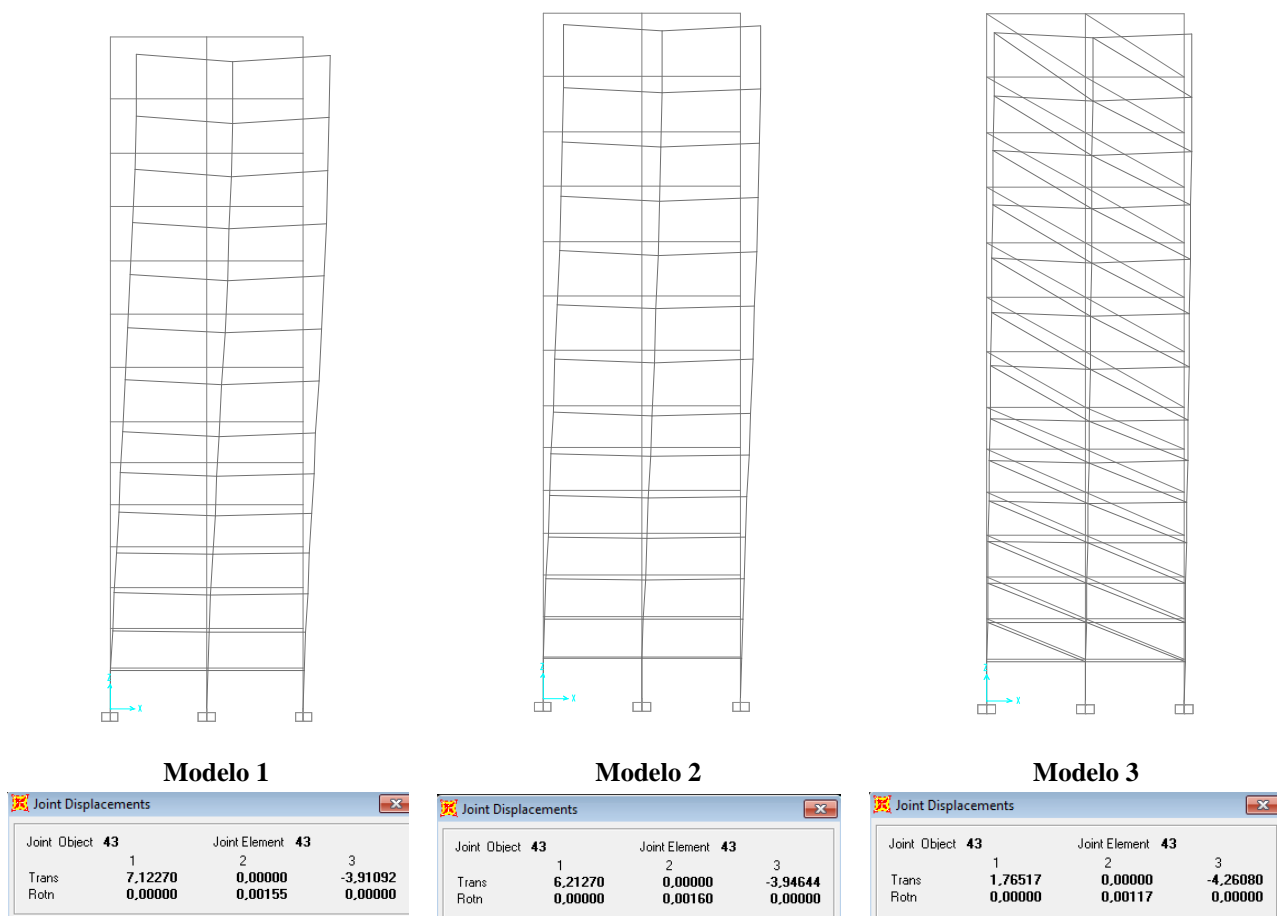
ANÁLISE NÃO-LINEAR DE EDIFICAÇÕES MISTAS (AÇO-CONCRETO) SOB AÇÃO DE VENTO CONSIDERANDO A RIGIDEZ DAS ALVENARIAS

- Modelo 2: Pórtico plano com as mesmas características do Modelo 1, exceto pela inclusão da laje de concreto, cuja participação foi adicionada ao modelo por meio da criação de uma seção mista de concreto-aço com momento de inércia efetivo, I_{ef} , calculado conforme anexo O da NBR 8800/2008, igual a 42.552 cm^4 ;
- Modelo 3: Pórtico plano conforme Modelo 2, desta vez considerando a contribuição das alvenarias na rigidez global da estrutura pelo método das diagonais equivalentes, utilizando a expressão proposta pelo código FEMA 356.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

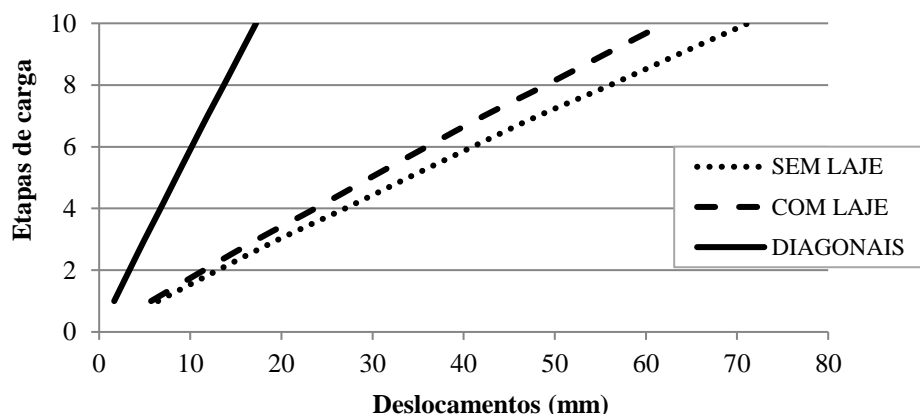
A Figura 8 apresenta as deformadas da análise de segunda ordem dos Modelos 1, 2 e 3 e os respectivos deslocamentos laterais no nó número 43 (joint object 43), no topo da estrutura, devidos aos carregamentos horizontais (ação do vento) e verticais (cargas permanentes e acidentais):

Figura 8 - Deformadas na análise de 2ª ordem dos Modelos 1, 2 e 3, e respectivos deslocamentos



A Figura 9 apresenta o gráfico comparativo dos deslocamentos horizontais no topo da estrutura, submetido a sucessivas etapas de carregamento, nos modelos sem contribuição de laje de concreto (Modelo 1), com contribuição de laje de concreto (Modelo 2) e com contribuição da alvenaria por meio de diagonais equivalentes (Modelo 3):

Figura 9 - Comparativo dos deslocamentos no topo da estrutura (nó 43) entre os Modelos 1, 2 e 3
Deslocamentos nó 43



A Tabela 2 apresenta o cálculo da largura da diagonal equivalente de acordo com as regras estabelecidas no código FEMA 356.

Tabela 2 - Cálculo da largura da diagonal equivalente (w) para cada quadro viga-coluna

Pórtico (Andar)	H (cm)	L (cm)	h (cm)	l (cm ⁴)	D (cm)	θ (°)	λ	λ _H	w (cm)
1 ao 3	280	675	227,52	669,28	706,90	18,78	0,00292	0,81790	134,06
4	290	675	237,52	669,28	710,18	19,54	0,00464	1,34515	110,38
5 ao 7	290	675	237,52	669,89	710,75	19,52	0,00512	1,48381	106,22
8 ao 11	375	675	322,52	670,08	743,66	25,70	0,00514	1,92620	100,12
12 a 13	375	675	322,52	670,86	744,36	25,68	0,00534	2,00403	98,64
14	430	675	377,52	670,86	769,79	29,37	0,00503	2,16451	98,92

As Tabelas 3 e 4 apresentam, respectivamente, a comparação dos resultados obtidos para os deslocamentos horizontais e para os momentos fletores, em cada modelo estudado neste artigo:

ANÁLISE NÃO-LINEAR DE EDIFICAÇÕES MISTAS (AÇO-CONCRETO) SOB AÇÃO DE VENTO
CONSIDERANDO A RIGIDEZ DAS ALVENARIAS

Tabela 3 - Comparação dos deslocamentos horizontais (em cm)

Análise	Modelo 1	Modelo 3	Redução
1ª ordem	6,5	1,7	-74%
2ª ordem	7,1	1,7	-76%

Análise	Modelo 2	Modelo 3	Redução
1ª ordem	5,7	1,7	-71%
2ª ordem	6,2	1,7	-72%

Tabela 4 - Comparação dos momentos fletores (em kN.cm)

Pavimento	Modelo 2	Modelo 3	Redução
Térreo	20.263,10	16.546,37	-18%
7º andar	23.398,05	19.524,62	-17%
14º andar	29.354,88	26.860,49	-8%

O deslocamento horizontal no topo da estrutura apresentou valores 72% inferiores no modelo com diagonais equivalentes em relação ao modelo com laje, e 76% inferiores quando comparado ao modelo sem laje. Pelos resultados apresentados, em termos de deslocamentos laterais, é notório o aumento na rigidez da estrutura ao considerar a contribuição da alvenaria de vedação pelo método das diagonais equivalentes. Adicionalmente, o uso de diagonais equivalentes alterou a classificação de deslocabilidade da estrutura, de média para pequena, calculada conforme NBR 8800:2008.

4. CONCLUSÃO

O presente artigo realizou um estudo sobre a contribuição de painéis de vedação de alvenaria no enrijecimento de uma estrutura, através de análises estruturais elásticas não lineares realizadas no software SAP 2000. A consideração das diagonais equivalentes no modelo apresentou grande influência na redução dos deslocamentos laterais, nos valores de momento fletor nos pavimentos estudados e no aumento da rigidez global da edificação. O Modelo 3, que inclui as diagonais equivalentes, apresentou redução em 72% no deslocamento horizontal no topo da estrutura em relação ao Modelo 2, que considera a contribuição das lajes de concreto, e em 76% quando comparado ao Modelo 1, sem lajes.

REFERÊNCIAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 6021 – Informação e documentação – Publicação periódica e/ou científica – Apresentação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 6023 – Informação e documentação – Referência – Elaboração. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 8800 – Projeto e Execução de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

ALVA, G. M. S.; JR, J. Kaminski; MOHAMAD; SILVA, L. R.; Estado limite de serviço de deformações horizontais excessivas com a consideração das alvenarias de preenchimento no modelo estrutural. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais. Volume 8, Número 3 (Junho 2015) p. 390-426. IBRACON, 2015.

AMATO, G.; CAVALERI, L.; FOSSETTI, M.; PAPIA, M.; An updated model of equivalent diagonal strut for infill panels. Università di Palermo. Itália, 2004.

AVAKIAN, A. C. Estruturas aporticadas mistas aço-concreto: avaliação de metodologia de análise. Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2007.

COMPUTERS AND STRUCTURES INC, SAP2000 Linear and Nonlinear Static and Dynamic Analysis and Design of Three-Dimensional Structures. Berkeley, Califórnia, Estados Unidos, 2004.

COSTA, A.; BRAYNER, M.; MARQUES, P. R.; Encunhamento de alvenaria de vedação – Soluções práticas – Trabalho apresentado ao curso de Gestão de Revestimento da Comunidade da Construção, como conclusão e abordagem prática dos conceitos apresentados no curso. Rio de Janeiro, 2005.

DÉSIR, J. M.; BUSI, T. P.; RAMIRES, L.; Analysis of the contribution of masonry infill in the overall stiffness of concrete frames. 15th International Brick and Block Masonry Conference. UFSC. Florianópolis, 2012.

FEMA Federal Emergency Management Agency; ASCE American Society of Civil Engineers. FEMA 356 – Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings. Estados Unidos, 2000.

HOLMES, M. Steel frames with brickwork and concrete infilling. Proceedings of the Institution of Civil Engineers., v-19. 1961.

MAINSTONE, R.J. & WEEKS, G.A. (1974) The influence of bounding frame on the racking stiffness and strength of brick walls. Proceedings of the 2nd International Brick Masonry Conference, Building Research Establishment, Watford, England.

ANÁLISE NÃO-LINEAR DE EDIFICAÇÕES MISTAS (AÇO-CONCRETO) SOB AÇÃO DE VENTO
CONSIDERANDO A RIGIDEZ DAS ALVENARIAS

POLYAKOV, S. V. (1956). Masonry in framed buildings (Godsudarstvenoe Isdatel'stvo Literaturny po Stroitel'stvo Architecture. Moscow, 1956). Traduzido por G. L. Caims, 1963. National Lending Library for Science and Technology, Boston.

TAUIL, C.A. Alvenaria Estrutural. São Paulo: Pini, 2010.

SILVA, Renata Gomes Lanna da. Avaliação dos efeitos de 2ª ordem em edifícios de aço utilizando métodos aproximados e análise rigorosa. Dissertação de mestrado. UFMG, 2004.

SOUSA, Paulo Victor Almeida de. Efeito dos painéis de vedação nas características dinâmicas de edificações de concreto armado. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2014.

STAFFORD - SMITH, B.; CARTER, C. A method of analysis for infilled frames. Proceedings of the Institution of Civil Engineers., v-44. 1969.