



ALVENARIA ESTRUTURAL DE PREENCHIMENTO EM PÓRTICOS DE CONTRAVENTAMENTO - COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS PARA PROJETO

Fernando C. A. R. Madia (1); Guilherme Aris Parsekian (2)

(1) Departamento de Engenharia Civil – DECiv – Universidade Federal de São Carlos, Brasil – e-mail:
fcmadia@yahoo.com.br

(2) Departamento de Engenharia Civil – DECiv – Universidade Federal de São Carlos, Brasil – e-mail:
parsekian@ufscar.br

RESUMO

O artigo tem como objetivo fornecer uma visão geral do estado da arte do uso de estruturas aporticadas preenchidas com painéis de alvenaria para fim de contraventamento da edificação. Considera esse enrijecimento do pórtico em alvenaria na análise de ações horizontais, como a força do vento. O trabalho inicia-se com o desenvolvimento histórico, descrevendo o fato que originou o estudo, assim como a apresentação de diferentes pesquisas já realizadas sobre o tema e os enfoques mais relevantes considerados por seus autores. Para o cálculo das diagonais equivalentes, como não há um método universalmente aceito, apresentam-se as diferentes metodologias citadas na literatura para a estimativa da barra diagonal. Os valores da espessura e módulo de deformação da diagonal equivalem ao do painel, todavia, a largura a ser considerada não é consenso entre os pesquisadores. Busca-se, com isso, através da realização de um pórtico simples proposto por Drysdale; Hamid; Baker (1999), comparar os diferentes acréscimos de rigidez no pórtico para os diferentes métodos de cálculo. Para a análise dos esforços utiliza o programa Ftool, visto sua simplicidade e confiabilidade dos resultados. Sequencialmente realiza uma abordagem sobre o comportamento dos pórticos, analisando alterações de propriedade obtidas com modificações do sistema construtivo da alvenaria de preenchimento. Como conclusão, são apresentados resultados comparativos das análises e destacados os ganhos possíveis de se obter com a inclusão da parede de preenchimento dos pórticos, facilitando o entendimento e o uso de diagonais para sua execução em projetos estruturais.

Palavras-chave: alvenaria de enchimento, pórtico preenchido, diagonais equivalentes.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história a alvenaria esteve presente largamente em diferentes tipos de edificações, desempenhando variadas funções. Além de grande durabilidade, bom desempenho acústico e térmico, funciona como fechamento, divisão dos ambientes e como barreira ao fogo. No entanto, mesmo os painéis de alvenaria apresentando considerável inércia em seu plano, a sua contribuição no aumento da rigidez lateral do prédio é prática comum de escritórios de projetos desprezá-la no cálculo estrutural dos edifícios. Usualmente esse efeito é considerado apenas intuitivamente: “a rigidez do prédio está no limite do aceitável, mas há a alvenaria que não consideramos, então dá para aceitar...”. Entende-se que a formalização da consideração da alvenaria de enchimento no contraventamento de edifícios de estruturas reticulares, passa por um maior conhecimento do meio técnico sobre esse tópico. Este artigo tem por objetivo contribuir para divulgar e analisar criticamente critérios usuais para consideração da alvenaria de enchimento no projeto de edifícios.

Diversos pesquisadores se dedicaram ao estudo dos pórticos preenchidos com diferentes materiais. Os resultados de todas as pesquisas são unâimes: indicam um aumento significativo da rigidez dessas estruturas compostas e, consequentemente, a redução dos deslocamentos horizontais do edifício. Para Flanagan; Bemmett (2001) as alvenarias de enchimento podem ser um contribuinte principal à força e à rigidez lateral de um edifício. A sua influência altera o comportamento global da estrutura ao mudar o encaminhamento das ações.

A presença da alvenaria também pode induz a situações estruturais não regulares, uma vez que a distribuição assimétrica das paredes pode levar a regiões com maior rigidez ocasionando torções do corpo principal da estrutura. Nesse caso, desprezar o painel de alvenaria pode ser contra a segurança.

Ao ignorar o efeito de enrijecimento, leva-se a uma menor eficiência na concepção estrutural, não adequando o modelo a situação real, tornando-a economicamente menos viável, já que, as tensões no pórtico poderiam ser substancialmente reduzidas e pontos com maior solicitação com seção adequada. Eventualmente a opção de desprezar a alvenaria pode ser contra a segurança do projeto.

Portanto, a interação entre a alvenaria e o pórtico deve ser considerada no cálculo estrutural, a fim de alcançar uma concepção mais eficiente, próxima a solicitação real, otimizando o projeto.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar modelos para inclusão da alvenaria de enchimento em pórticos de contraventamento de edifícios. São comparadas diferentes variações do método de diagonais comprimidas equivalentes, analisando-se discrepâncias na distribuição de esforços em um modelo simplificado para os diferentes métodos de cálculo da diagonal. Também são avaliadas recomendações quanto à execução de estruturas considerando à alvenaria rígida ao conjunto.

3 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO

Diversos pesquisadores têm estudado a interação entre pórticos e alvenaria, com resultados significativos quanto ao aumento da força máxima possível de ser resistida, diminuição das deformações e aumento da ductibilidade da estrutura. Todavia, as formulações relatadas pelos pesquisadores têm, também, variado largamente e, como consequência, existe diferentes técnicas analíticas para avaliar a rigidez e a resistência de pórticos preenchidos.

O fato que contribuiu para o desenvolvimento do estudo da alvenaria como preenchimento de pórticos submetidos a ações laterais ocorreu no Edifício Empire State, construído 1931 em Nova Iorque. Durante tempestade com rajadas de vento acima de 145 km/h, extensômetros posicionados nos pilares só registraram deformações nos pórticos depois do início da fissuração no painel de alvenaria. Isso foi explicado pela alta rigidez dos painéis de alvenaria, que aumentou a estabilidade do edifício. Quando os painéis foram solicitados além de sua capacidade de fissuração, se iniciou um processo de perda de rigidez. Mesmo assim o conjunto continuou a resistir às ações laterais (ALVARENGA, 2002).

As primeiras publicações sobre pórticos preenchidos foram realizadas por Polyakov (1956) que desenvolveu ensaios em modelos reduzidos, avaliando a resistência à tração e ao cisalhamento da alvenaria utilizada como preenchimento. Para obter a resistência de pórticos, foram realizados 65

ensaios em escala real, divididos entre pórticos quadrados (1200 mm) e pórticos retangulares (3000 mm de comprimento e 2000 mm de altura). Foram variáveis desse estudo: tipos de blocos, traços da argamassa, métodos de aplicação de cargas (monotônico ou cíclico) e painéis com aberturas.

Com o resultado dos ensaios, Polyakov (1960) descreveu três estágios de comportamento de pórtico com preenchimento submetido a cargas horizontais elevadas:

-1º Estágio: O painel de alvenaria e as barras da estrutura reticulada comportam-se de forma monolítica. Esse estágio finaliza com o aparecimento das primeiras fissuras, que normalmente ocorrem nas interfaces do painel-pórtico.

-2º Estágio: É caracterizado por um encurtamento da diagonal comprimida e alongamento da diagonal tracionada; aparecendo fissuras no painel ao longo da diagonal comprimida escalonada, nas juntas horizontais e verticais.

-3º Estágio: As fissuras na diagonal continuam crescendo e o incremento de carga chega ao limite, no qual não se podem acrescentar mais cargas, uma vez que, o sistema já não possui condições de suportar. Nesta etapa aparecem fissuras nos cantos comprimidos, os quais são esmagados.

Ao comparar os resultados experimentais com modelos de comportamento elástico para o painel, Polyakov (1960) obteve conclusões apenas para o primeiro estágio. Posteriormente, realizou novos experimentos em modelos de pórticos de aço preenchidos com alvenaria de três tramos e três pavimentos. Com base nesse trabalho experimental o pesquisador sugeriu que o painel fosse substituído por uma diagonal comprimida. Thomas (1953) e Wood (1958), também desenvolveram ensaios experimentais, aos quais comprovaram a significativa contribuição do painel à rigidez e à resistência dos pórticos ao serem preenchidos.

4 CÁLCULO DA DIAGONAL EQUIVALENTE

Polyakov (1956), em seus primeiros estudos, foi quem introduziu o conceito de barra diagonal equivalente e Holmes (1961) aprimorou-o. Posteriormente, o método de cálculo foi refinado por Stafford-Smith (1962, 1966, 1967a, 1967b) e Stafford-Smith e Carter (1969), Mainstone (1971) e Liauw e Lee (1977). Neste método, o pórtico preenchido com alvenaria é modelado contendo uma diagonal fictícia comprimida, substituindo o painel de alvenaria.

Holmes (1961) propôs um método para determinar as deformações e resistência de pórticos preenchidos com base no conceito da diagonal equivalente, considerando uma diagonal com espessura e módulo de deformação igual ao do painel e comprimento de contato de um terço do comprimento da diagonal (Figura 1).

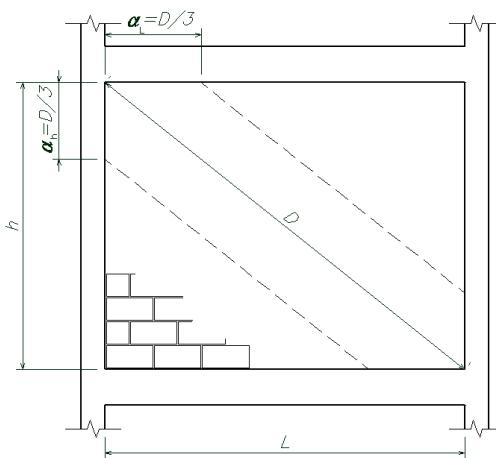


Figura 1 - Diagonal equivalente segundo Holmes (1961)

Holmes (1961) concluiu que, no colapso, o deslocamento lateral do pórtico preenchido é bem menor do que no caso de pórtico sem preenchimento. Além disso, as barras do pórtico permaneceram elásticas até a carga de colapso.

Sequencialmente, Holmes (1963), realizou ensaios de um e dois pavimentos e constatou um aumento de rigidez da ordem de 300 a 400% para estruturas preenchidas com painéis de alvenaria de blocos de

concreto da ordem de 16 MPa, quando comparados com pórticos não preenchidos. Para painéis com blocos de resistência média à compressão de 3 MPa, foi relatado aumento de rigidez variando de 75 a 105%. Comparando os resultados experimentais com valores teóricos, foi constatada uma média de 90% de precisão para os valores de cargas de colapso. Todavia, este autor recomendou a realização de outros ensaios e o refinamento do método de cálculo por ele sugerido.

Smith (1962) aprofundou o estudo de pórticos preenchidos, realizando a mesma substituição do painel por uma diagonal equivalente. Esse concluiu que os resultados obtidos por Holmes (1961) não correspondiam aos resultados experimentais e que a largura efetiva do painel era função do comprimento de contato entre o pórtico e o painel. Concluiu, também, que o comprimento de contato era altamente dependente da rigidez relativa entre pórtico e painel (Figura 2).

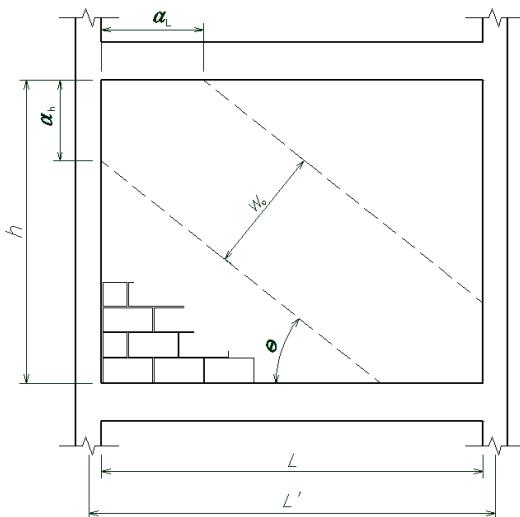


Figura 2 - Diagonal equivalente conforme Smith (1962)

$$\frac{a_h}{L'} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{\lambda_h \cdot L'} \quad (\text{eq.1})$$

$$\frac{a_L}{L'} = \pi \cdot \frac{1}{\lambda_L \cdot L'} \quad (\text{eq.2})$$

Sendo:

a_h : Comprimento de contato entre o painel e o pilar;

a_L : Comprimento de contato entre o painel e a viga;

L' : Comprimento entre eixos de pilares;

$\lambda \cdot L'$: Parâmetro de rigidez relativa, dado por:

$$\lambda_h \cdot L' = L' \cdot \sqrt[4]{\frac{E_{\text{painei}} \cdot t}{4E_p \cdot I_p \cdot h} \cdot \text{sen}(2\theta)} \quad (\text{eq.3})$$

$$\lambda_L \cdot L' = L' \cdot \sqrt[4]{\frac{E_{\text{painei}} \cdot t}{4E_p \cdot I_v \cdot L} \cdot \text{sen}(2\theta)} \quad (\text{eq.4})$$

Onde:

E_p : Módulo de elasticidade do pórtico;

E_{painei} : Módulo de elasticidade do painel de alvenaria;

I_p : Momento de inércia do pilar;

I_v : Momento de inércia da viga;

t : Espessura do painel;

h : Altura do painel;

$\theta = \arctan(h/L)$: Inclinação da biela;

L : Comprimento do painel;

Para o cálculo da largura da diagonal equivalente (W_o) Smith (1962) sugere a equação 5.

$$W_o = \sqrt{\alpha_h^2 + \alpha_L^2} \quad (\text{eq.5})$$

Hendry (1981) propôs, baseado nos estudos analíticos e experimentais de Kadir (1974), uma relação semi-empírica para a largura do painel, que corresponde à metade da proposta por Smith (1962), conforme com o que se pode ver na Figura 3.

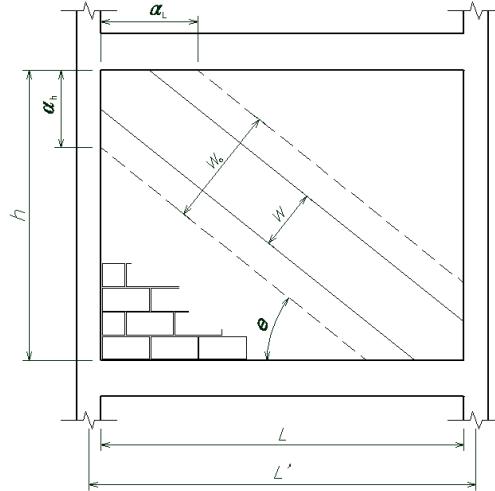


Figura 3 - Diagonal equivalente proposta por Hendry (1981)

Moreira (2002) definiu expressões relacionando as propriedades físicas e geométricas do painel e o módulo de elasticidade do pórtico para obter a área da diagonal equivalente.

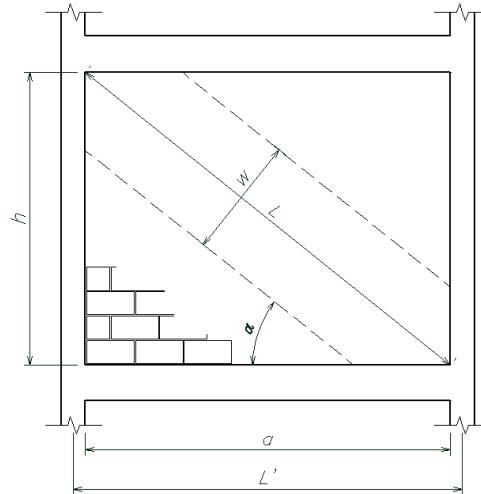


Figura 4 - Diagonal equivalente conforme Moreira (2002)

$$A = \frac{K_{diag}}{E_{conc}} \cdot \frac{L}{\cos^2\left(\alpha - \frac{\sin \alpha}{L + \cos \alpha}\right)} \quad (\text{eq.6})$$

$$K_{diag} = G \frac{a.e}{h} \quad (\text{eq.7})$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (\text{eq.8})$$

Onde:

- L: Comprimento da diagonal painel;
- L': Comprimento entre eixos de pilares;
- a: Largura do painel;
- h: Altura do painel;
- e: Espessura do painel;
- A: área da seção transversal da diagonal equivalente;
- α : ângulo que a diagonal forma com a horizontal;
- E_{conc} : Módulo de elasticidade do pórtico;
- E: Módulo de elasticidade do painel de alvenaria;
- G: módulo de elasticidade transversal do painel de alvenaria;
- ν : Coeficiente de poisson do painel de alvenaria.

A substituição do painel pelo método de barras diagonais equivalentes é muito usada, visto sua simplicidade e aproximação com os resultados de ensaios. Todavia, quanto aos parâmetros a se adotar, não há um consenso universalmente aceito pelos pesquisadores.

5 COMPORTAMENTO DE PÓRTICOS PREENCHIDOS

Diversos pesquisadores realizaram ensaios em escala real de pórticos preenchidos com painéis de concreto com o fim de analisar seu comportamento. Esses concluíram que as condições de interface pórtico-painel afetam muito a resistência desses sistemas.

Na prática comum do cálculo estrutural, tanto em pórticos de aço ou de concreto armado, a alvenaria é considerada apenas como elemento de vedação. Dimensiona-se o pórtico para resistir todas as ações da gravidade e ações laterais, cuidando para que a carga não seja transferida para os painéis. Uma grande variedade de técnicas construtivas resultou desse conceito, sendo a mais comum utilizar um espaço entre fundo de viga e painel, de modo que a viga possa se deformar livremente.

Todavia, Riddington (1984) com ensaios confirmou que, mesmo com a lacuna na ligação entre o painel e o pórtico de concreto (ou aço), a alvenaria ainda resiste a uma parcela da ação horizontal aplicada. Logicamente a eficiência do painel na resistência lateral é afetada nesse caso. Segundo Dawe e Seah (1989), há uma redução na resistência de 50%.

A ligação mais usual entre pórtico e alvenaria se dá através do uso de ferros cabo. Pesquisas realizadas com pórticos metálicos em escala real analisaram estas ligações. Conforme cita Alvarenga (2009), em seus resultados experimentais, o ferro-cabelo não afetou a rigidez global dos pórticos preenchidos. Os resultados de ensaios desses pórticos, utilizando ou não o ferro-cabelo na ligação, foram semelhantes. O mesmo autor ensaiou os pórticos, variando o tipo de argamassa utilizada na ligação alvenaria/pórtico de aço, concluindo por maior eficiência em utilizar argamassa polimérica (argamassa Ciment-cola) em comparação com argamassa de cimento: cal: areia na proporção 1:3:7,5.

Braguim (1993) analisou numericamente pórticos de quatro pavimentos, combinando os tipos de ligações entre perfis e a inclusão dos painéis de alvenaria. Concluiu-se que, quase que independentemente do tipo de ligação viga-pilar considerada, a introdução de diagonais enriquece substancialmente a estrutura. Essa estrutura contraventada apresenta menores deslocamentos com a inclusão da alvenaria, havendo ainda grande influência nas reações de apoio.

Quanto à alvenaria, mesmo após a fissuração ocasionada por elevadas tensões, essas ainda são capazes de absorver parcela de incremento de ações horizontais (DAWE e SEAH, 1989).

Para Elliott (2002) as paredes de preenchimento são uma excelente alternativa para as estruturas pré-moldadas. Estas estruturas apresentam baixa capacidade de resistir a forças horizontais quando os elementos são concebidos isolados da alvenaria. No entanto, a capacidade da estrutura de resistir a essas forças é surpreendentemente elevada com a inclusão da alvenaria. O principal inconveniente prático é a diferença de velocidade entre a construção da alvenaria de preenchimento e a execução da estrutura.

Em relação à presença de aberturas, é recomendável considerar a alvenaria no contraventamento apenas quando essas não possuírem aberturas. Segundo estudos de Alvarenga (2009) a abertura

diminui a rigidez da parede em torno de 40% e o mesmo ocorre em termos de resistência, com uma diminuição de 57% no valor da ação resistida.

Em resumo, para permitir a inclusão da alvenaria no pórtico de contraventamento, o arranjo arquitetônico deve estar em conformidade com o sistema estrutural, sendo necessária uma intensa integração entre os projetistas de arquitetura e de estrutura, a fim de garantir o equilíbrio funcional e técnico necessários ao projeto da edificação. Busca-se, também, a adequada execução da alvenaria, com rígido controle de materiais e execução, uma vez que, estas resistirão às grandes cargas.

6 ANALISE COMPARATIVA DE PORTICOS PREENCHIDOS

O pórtico analisado é proposto em Drysdale; Hamid; Baker (1999) e possui as seguintes dimensões: 2700 mm de altura, 3600 mm de comprimento e seções das vigas e pilares de 300x300mm (Figura 5). Utilizou o programa Ftool para a análise do pórtico. Conforme apresentado na Figura 6, o modelo é realizado em barras e com força horizontal de 4,45kN, para representar a força do vento. Foram realizados vários modelos, variando-se as propriedades da diagonal comprimida considerando as propostas relatadas na literatura.

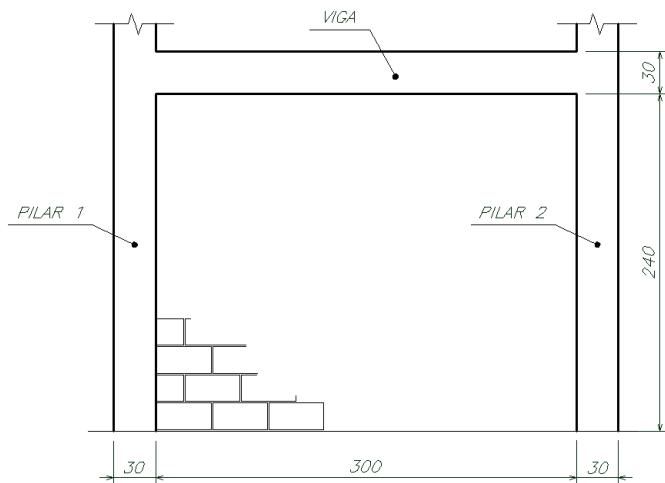


Figura 5 - Pórtico desenvolvido por Drysdale et al.

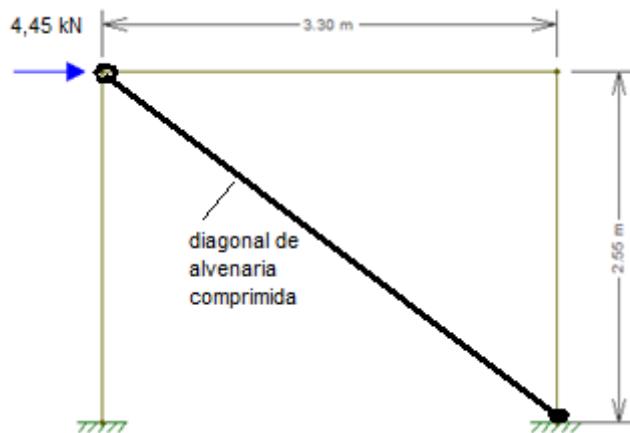


Figura 6 - Modelo estrutural do pórtico com a diagonal equivalente

6.1 Característica dos Elementos Estruturais

Para determinar as propriedades das barras diagonais são apresentadas características de cada material empregado no modelo, assim como do conjunto pórtico/painel. Para esse exemplo não foi considerado

o peso próprio dos elementos estruturais, uma vez que, busca enfatizar efeitos causados pela força horizontal.

- Altura do pilar em contato com o painel de alvenaria: $h=2,4m$;
- Largura de contato da viga com o painel de alvenaria: $L=3,0m$;
- Alvenaria: Espessura: $t = 14 \text{ cm}$;

Módulo de elasticidade: $E_{\text{painele}}=13.800 \text{ MPa}$;

Coeficiente de Poisson da alvenaria: 0,15;

- Pórtico: Módulo de elasticidade: 20.700 MPa;

Área: Vigas: $A_v = b \cdot h = 300.30 = 9000\text{cm}^2$;

Pilares: $A_p = b \cdot h = 240.30 = 7200\text{cm}^2$;

Como tanto pilares quanto as vigas apresentam seção de 30x30cm, o momento de inércia das seções desses elementos será:

$$I_v = I_p = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{30 \cdot 30^3}{12} = 67500\text{cm}^4$$

6.2 Resultados Comparativos

Com as características dos elementos estruturais desenvolveu o cálculo das diagonais equivalentes de acordo com cada autor (Tabela 1). Também nessa tabela são indicados os resultados obtidos com cada modelo.

Tabela 1 – Tabela comparativa de esforços entre diferentes analogias de diagonal equivalente

		Sem diagonal	Holmes (1961)	Smith (1962)	Hendry (1981)	Moreira (2002)
Largura da Diagonal (cm)		-	181,00	189,84	94,92	228,28
Esforços Normais (kN)	Diagonal	-	-5,5	-5,5	-5,4	-5,5
	Pilar 1	1,4	3,4	3,4	3,4	3,4
	Pilar 2	-1,4	0,0	0,0	-0,1	0,0
	Viga	-2,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Momentos Máximos (kN.m)	Pilar 1	3,4	0,1	0,1	0,2	0,1
	Pilar 2	3,3	0,1	0,1	0,2	0,1
	Viga	2,3	0,1	0,1	0,1	0,1
Deslocamento horizontal máximo (mm)		0,3403	0,0118	0,0114	0,0188	0,0102

Os resultados do modelo proposto em Hendry (1981) estão disponíveis em Drysdale; Hamid; Baker (1999), tanto para o caso com e sem a diagonal equivalente, e conferem com o modelo aqui realizado, portanto validando-o.

Analizando-se os resultados, percebe-se grande aumento na rigidez da estrutura de contraventamento após inclusão da alvenaria. Esse aumento foi de 18 vezes no modelo mais conservador (Hendry 1981) até 33 vezes no modelo em que considera maior largura da barra equivalente (Moreira 2002).

Verificando a força de compressão na diagonal de alvenaria percebe-se que o valor não varia de modelo para modelo, porém o valor da tensão de compressão será consideravelmente maior no modelo de Hendry em relação ao outros pois a largura considerada nesse é cerca de 50% dos demais.

Com relação aos esforços nos elementos em concreto armado percebe-se considerável redução na flexão tanto do pilar quanto da viga, com aumento da força normal no pilar. É interessante notar que

nesse modelo de pórtico de um andar, apenas verifica-se aumento da força normal no pilar em que a força horizontal é aplicada. Isso ocorre porque a diagonal comprimida encaminha essa força para a fundação no lado oposto.

É notável destacar a redução significativa do deslocamento do pórtico. Nota-se claramente que, quando inserida a diagonal, houve um acréscimo de rigidez no pórtico de concreto armado em 28,84 vezes para o método de Holmes (1961), 29,85 para Smith (1962), 18,10 vezes para Hendry (1981) e 33,36 para Moreira (2002). Com isso, vê-se que o método de Moreira (2002) é o menos conservador e o de Hendry mais conservador.

7 CONCLUSÃO

Este artigo apresentou diferentes métodos para a inclusão do painel de alvenaria de enchimento em modelo de pórtico, utilizando o conceito da diagonal comprimida. Mesmo não havendo unanimidade entre os pesquisadores quanto às propriedades a serem admitidas para essa diagonal, todos concluíram quanto aos benefícios da associação dos pórticos com os painéis de preenchimento. Como mostrado no modelo simplificado, há um significativo aumento da força máxima possível de ser resistida e diminuição das deformações nos pórticos preenchidos. A simples consideração dos elementos de contraventamento por painéis de alvenaria proporciona, assim, uma redução das seções dos elementos estruturais, gerando economia em materiais e ganhos de espaço.

Avaliando os resultados de cada método propostos na literatura, observa-se que as recomendações mais conservadoras são as de Hendry (1981).

Torna, dessa maneira, conveniente considerar a contribuição da alvenaria no contraventamento, principalmente pelo fato de que as alvenarias externas são indispensáveis ao fechamento do edifício e, normalmente, não serão removidas. Portanto, é benéfico considerar o acréscimo de rigidez e melhora na distribuição dos esforços da estrutura ao inserir as alvenarias. Essas podem ser um dos principais componentes para resistir aos esforços horizontais do edifício.

8 REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R.C.S.S. **Análise teórico-experimental de estruturas compostas de pórticos de aço preenchidos com alvenaria de concreto celular autoclavado.** São Carlos, 2002. 331p. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos –EESC/USP.
- ALVARENGA, R.C.S.S. **Cadernos de Engenharia de Estruturas.** São Carlos, v. 11, n. 48, p. 83-100, 2009.
- BRAGUIM, J. R. **Contribuições ao Estudo do Enrijecimento de Estruturas de Aço em Edifícios de Múltiplos Pavimentos.** 130 p. Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1989.
- BRAGUIM, J. R. **Painel de Alvenaria: Um Fator de Enrijecimento das Estruturas.** Encarte Técnico Instituto de Pesquisas Tecnológicas / Divisão de Construção Civil - PINI, IPT.43, p. 19-22. São Paulo, 1993.
- CARTER, C., STAFFORD-SMITH, B. Structural **behaviour of masonry infilled frames subjected to racking loads.** Designing, Engineering, and Construction with Masonry Products. Houston. Gulf Publishing Company, p.226-233.1969.

DAWE, J. L.; SEAH, C. K. **Analysis of concrete masonry infilled steel frames subjected to in-plane loads.** Proceedings, 5th Canadian Masonry Symposium. University of British Columbia, Vancouver, Canadá. p. 329-340, 1989.

DRYSDALE, R.G.; HAMID, A.A.; BAKER, L.R. **Masonry Structures - Behavior and Design.** 2.ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1999. 888 p.

ELLIOTT, K. S. **Precast concrete structures**. Oxford, Butterworth- Heinemann: Elsevier Science, 2002. 375p.

FLANAGAN, R.D; BENNETT,R.M. In-plane Analysis of Masonry Infill Materials. **Practice Periodical on Structural Design and Construction**, Oakland-USA, 176-182p, 2001.

HENDRY, A. **Structural brickwork**, Macmillan, Londres, 1981.

HOLMES, M. Steel Frames with Brickwork and Concrete Infilling. **Proc. Inst. Civ. Eng**, v. 19, p. 473-478, 1961.

HOLMES, M. **Combined Loading on Infilled Frames**. ICE Proceedings, v. 25, p. 31-38, 1963.

LIAUW, T. C.; LEE, S. W. On the behaviour and the analysis of multi-storey infilled frames subjected to lateral loading. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers**. Part 2, v. 63, p. 641-657, 1977.

MAINSTONE, R. J. **Supplementary Note on the Stiffness and Strength of Infilled Frames**. CP13 74, Build. Res. Establishment. Londres, Inglaterra, 1971.

MOREIRA, T.V. **Análise da Sensibilidade Dinâmica de Edifícios com Estruturas Esbeltas**. 2002. 78f. Tese (Doutorado) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2002.

POLYAKOV, S. V. **Masonry in framed buildings** (Godsudarstvenoe Isdatel'stvo Literatury Po Stroitel'stviu Arhitektury. Moscow, 1956). Traduzido por G. L. Cairns, 1963. National Lending Library for Science and Technology, Boston, 1956.

POLYAKOV, S. V. **On the interaction between masonry filler walls and enclosing frame when loaded in the plane of the wall**. Earthquake Engineering. Earthquake Engineering Research Institute, São Francisco, CA, p. 36-42, 1960.

RIDDINGTON, J. R. The Influence of Initial Gaps on Infilled Frame Behavior. **Proc. Inst. Civ. Eng.**, part 2, p. 295-310, 1984.

STAFFORD-SMITH, B. Lateral stiffness of infilled frames. **ASCE Journal of Structural Division**, v. 88, n. ST6, p. 183-199, 1962.

STAFFORD-SMITH, B. Behaviour of square infilled frames. **ASCE Journal of the Structural Division**, v. 92, n. ST1, p. 381-403, 1966.

STAFFORD-SMITH, B. **The composite behaviour of infilled frames**. Tall Buildings, Pergamon Press, Londres. p. 481-493, 1967a.

STAFFORD-SMITH, B. **Methods of predicting the lateral stiffness and strength of multi-storey infilled frames**. Building Science, v. 2, p. 247-257, 1967b.

THOMAS, F. G. **The strength of brickwork**. The Structural Engineer, Part 2, v. 36, p. 35-41, 1953.

WOOD, R. H. The Stability of Tall Buildings. **Proc. Soc. Civ. Eng**, v. 11, p. 60-101, 1958.