

AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO FORA DO PLANO DE PAREDES DE TIJOLO FACE À VISTA: INFLUÊNCIA DO TIPO DE LIGADORES



Andreia Martins
 Doutora em Engenharia Civil
 Braga
 andrea.moure@gmail.com



Graça Vasconcelos
 Professora Associada
 ISISE, Universidade do Minho
 Guimarães
 graca@civil.uminho.pt



Alfredo Campos Costa
 Investigador Principal
 Laboratório Nacional de Engenharia Civil
 Lisboa
 alf@lnec.pt



Javier Ortega
 Post-Doc Researcher
 ISISE, Universidade do Minho
 Guimarães
 javier.ortega@civil.uminho.pt



Nuno Mendes
 Junior Researcher
 ISISE, Universidade do Minho
 Guimarães
 nunomendes@civil.uminho.pt

SUMÁRIO

As paredes de alvenaria de tijolo face à vista são frequentemente utilizadas como acabamento de fachadas em construções residenciais em diversos países e em diferentes partes do mundo. Em geral, as paredes de tijolo face à vista são separadas por uma cavidade de ar em relação a um sistema de suporte e fixadas a este através de diferentes tipos de ligadores metálicos. Embora as paredes de tijolo face à vista sejam consideradas não estruturais, elas estão sujeitas a diferentes tipos de carregamentos, incluindo peso próprio, vento ou sismo. Eventos sísmicos recentes traduziram-se no desenvolvimento de mecanismos de rotura associados a desprendimento e desagregação completa das paredes e ao desenvolvimento de fissuras diagonais. Este comportamento atribui-se a ligações ineficientes e à ausência de regras de projeto adequadas que considerem o efeito das ações sísmicas.

Considera-se que é necessária uma investigação mais detalhada sobre o comportamento sísmico das paredes de alvenaria de tijolo face à vista, em particular no que diz respeito à sua ligação à estrutura de suporte. Assim, o presente trabalho apresenta e discute os resultados de ensaios cíclicos fora do plano em paredes de alvenaria de tijolo face à vista fixadas a paredes de alvenaria de enchimento através de dois tipos ligadores.

Palavras-chave: Paredes de tijolo face à vista, ligadores, análise experimental

1. INTRODUÇÃO

As paredes de alvenaria de tijolo são frequentemente utilizadas como acabamento de fachadas em construções residenciais em vários países em diferentes partes do mundo, nomeadamente América do Norte, Austrália, Inglaterra e outros países europeus devido à sua aparência estética, durabilidade e desempenho térmico. Em geral, as paredes de alvenaria de tijolo são separadas de uma cavidade de ar em relação a um sistema de suporte ao qual está fixada. O sistema de apoio pode ser de madeira ou em estrutura de aço, alvenaria estrutural ou paredes de alvenaria inseridas pórticos de betão armado. O sistema de suporte é considerado como elemento estrutural que oferece resistência à carga lateral e a parede de tijolo face à vista é considerado como elemento não estrutural. As paredes de alvenaria de tijolo face à vista são fixadas ao sistema de suporte através de diferentes tipos de ligadores, frequentemente em aço e podem ter formas e geometrias diferentes, muito dependentes do sistema de suporte. Embora as paredes de tijolo face à vista sejam consideradas como elementos não estruturais, estão sujeitas a diferentes tipos de carregamentos, incluindo peso próprio, vento ou sismos em caso de regiões de risco sísmico.

O desempenho das paredes de tijolo face à vista durante eventos sísmicos é influenciado pela interação desta com o sistema suporte, da sua espessura e relação altura-largura [1]. Sismos recentes ocorridos em diversos países europeus evidenciaram fragilidades das paredes de alvenaria de tijolo face à vista. Foi possível observar mecanismos comuns de rotura associados a fissuras diagonais no plano e muitas vezes o desprendimento e desintegração completa das paredes de alvenaria de tijolo face à vista do sistema de suporte. Esse comportamento deficiente poderá ser atribuído eventualmente às ligações ineficientes e à ausência de regras de projeto adequadas que considerem o efeito das ações sísmicas nas paredes de tijolo face à vista [2]. A distribuição da carga entre a estrutura de apoio e a parede de tijolo externa depende do tipo de carga, da rigidez de cada elemento e da rigidez dos ligadores. A ação sísmica solicita quer as paredes de tijolo face à vista quer o sistema de suporte. Em ambos os casos, a rigidez dos ligadores deve desempenhar um papel fundamental na distribuição de carga [3].

Apesar da investigação recente ao nível das ligações entre paredes externas de alvenaria ligadas a sistemas estruturais de suporte [4,5], considera-se necessária uma investigação detalhada sobre o comportamento sísmico das paredes de alvenaria de fachada, especialmente no que diz respeito à ligação destas a sistemas de alvenaria de enchimento em pórticos de betão armado. A principal lacuna identificada por meio da revisão de literatura foi a falta de investigação experimental que abordasse a resposta de paredes de alvenaria de fachada, cujo suporte é composto por parede de alvenaria de enchimento inseridas em betão armado [6].

Assim, este artigo apresenta e discute os resultados experimentais obtidos em ensaios cíclicos quase-estáticos fora do plano realizados em sistemas construtivos compostos por um pórtico de betão armado com enchimento em alvenaria de tijolo cerâmico de furação horizontal ligado a uma parede de tijolo face à vista (parede de fachada) através de dois tipos de ligadores metálicos com geometrias e formas diferentes. Para além dos ligadores, pretende-

se também avaliar a influência da espessura da cavidade de ar entre as paredes no comportamento cíclico **para** fora do plano das paredes de tijolo face à vista.

2. MODELO EXPERIMENTAL

2.1 Geometria e materiais

O modelo experimental foi projetado tendo em consideração as características reais de paredes de tijolo face à vista e das estruturas de suporte típicas, assim como condições de laboratório. O modelo experimental foi definido com base no sistema construtivo composto por um pórtico de betão armado com enchimento de alvenaria de tijolo cerâmico, que por sua vez suporta uma parede de tijolo face à vista. Este sistema construtivo não só é muito comum em Portugal, mas também em países do sul da Europa.

Dada a limitação das instalações do laboratório, optou-se por definir um modelo experimental em escala reduzida a partir do protótipo representativo de edifícios de betão da década de 80 [7]. Para isso, foi utilizado um fator de escala geométrica de 0,54. O dimensionamento das armaduras do pórtico foi baseado na lei da semelhança de Cauchy. Os esforços de corte e momentos fletores máximos admissíveis das seções de escala real foram obtidos de acordo a norma ACI 318-08 [8], dos quais foi possível calcular as forças e momentos fletores máximos admissíveis de seções transversais de escala reduzida [9]. As seções e detalhes de reforço do pórtico de betão armado são apresentados na Figura 1. Foi considerado um betão da classe B20 com agregado máximo de 9mm.

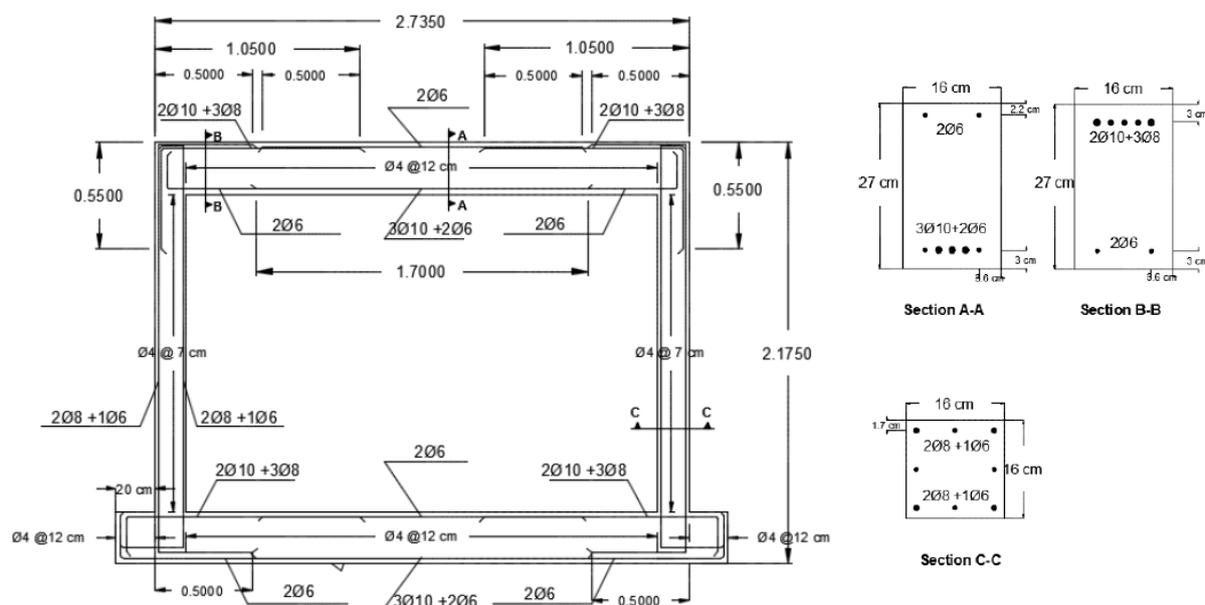


Figura 1. Detalhe do pórtico em betão armado [9]

A parede de tijolo face à vista é constituída por tijolos cerâmicos com furos verticais com aproximadamente 237mm x 115mm x 70mm (comprimento x espessura x altura). As paredes de alvenaria de enchimento **são** constituídas por blocos cerâmicos perfurados

horizontalmente com aproximadamente 300mm x 150mm x 200mm (comprimento x espessura x altura), ver Figura 2a. Ainda que se considerasse o pórtico em escala reduzida, dada a dificuldade de obter tijolos em escala reduzida, quer para as paredes de enchimento, quer para as paredes de tijolo face à vista, optou-se por construir as paredes de alvenaria com unidades de alvenaria em escala real. A montagem das paredes de alvenaria foi realizada com argamassa de cimento hidrorrepelente pré-misturada, normalmente recomendada pelo fabricante da unidade de tijolo. Para o apoio foi utilizada argamassa pré-misturada M5 de uso geral, seguindo o que foi usado no trabalho experimental anterior em paredes de alvenaria de tijolo. A espessura adotada para as juntas do leito de argamassa foi de 15mm para possibilitar o perfeito nivelamento dos ligadores.

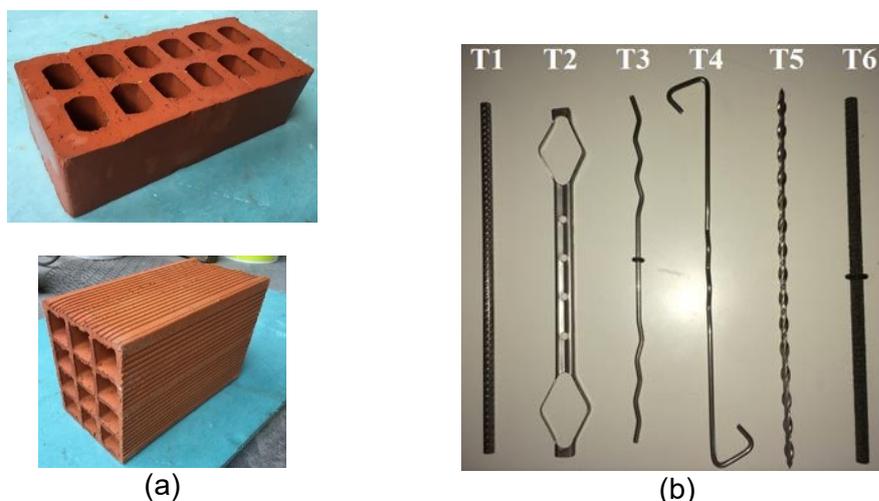


Figura 2. Materiais; (a) tijolos cerâmicos para as paredes de enchimento e parede de tijolo face à vista; (b) geometria dos ligadores (T2 e T4)

Na Figura 2b apresentam-se diferentes tipos de ligadores que foram utilizados anteriormente numa campanha experimental composta por ensaios estáticos cíclicos de tração-compressão [10]. Para os ensaios nas paredes de tijolo face à vista sujeitas a ações fora do plano adotaram-se os ligadores em aço inoxidável T2 e T4 por terem apresentado melhor comportamento nos ensaios cíclicos de tração-compressão, e em particular em tração. O melhor desempenho em tração está associado à geometria das extremidades melhorando a ancoragem dos ligadores. Em compressão o ligador T2 apresentou um comportamento semelhante quando sujeito a forças de compressão, enquanto que o ligador T4 apresentou resistência inferior, que parece ter sido influenciado por fenómenos de encurvadura [10]. Os ligadores T2 têm um comprimento de 225 mm, uma espessura de 5,5 mm e uma área de seção transversal de 23 mm². Os ligadores T4 têm comprimento de 225mm, espessura de 3.0mm e área transversal de 7.07mm².

2.2 Construção do modelo experimental

A construção do modelo experimental foi uma tarefa complexa porque teve de ser feita por fases. Numa primeira fase foi construída a parede de alvenaria de enchimento no pórtico de betão armado. O posicionamento dos ligadores teve de ser efetuado com bastante cuidado

para garantir o alinhamento adequado entre as paredes de alvenaria de enchimento e a parede de tijolo face à vista (Figura 3a). A parede de tijolo face à vista foi construída sobre uma cantoneira metálica aparafusada à viga inferior do pórtico. Entre a primeira fiada da parede e a cantoneira foi colocada uma folha de teflon para minimizar o atrito na interface a assim proporcionar o livre deslocamento da parede para fora do plano (Figura 3b). As paredes de tijolo face à vista foram construídas paralelamente à parede de alvenaria de enchimento com dimensões semelhantes (2,32 comprimento x 1,80 altura), ver Figura 3c. A cavidade de ar selecionada para o modelo experimental foi de cerca de 100mm, pois é considerado um valor representativo da prática construtiva (Figura 3d). Para esta largura da cavidade de ar, o comprimento de embebiamento dos ligadores nas juntas de argamassa é de 60 mm na parede de tijolo face à vista e de 65 mm nas juntas da parede de alvenaria de enchimento.

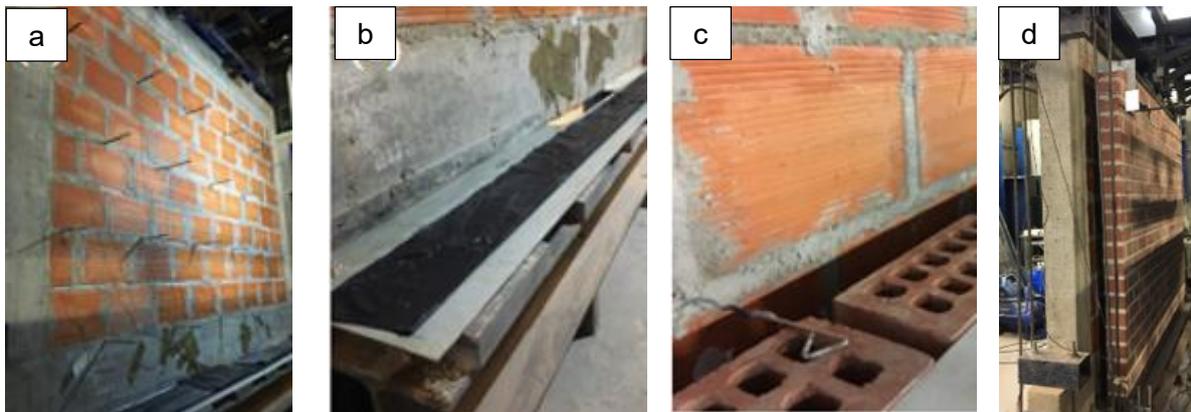


Figura 3. Construção; (a) parede de alvenaria de enchimento e posicionamento dos ligadores; (b) cantoneira metálica para apoio da parede de tijolo face à vista; (c) ligação entre as paredes; (d) vista final do modelo experimental

3. ENSAIOS PARA FORA DO PLANO

3.1 Plano de ensaios

Como anteriormente foi mencionado na secção 2.1, no programa experimental dos ensaios para fora do plano em parede de tijolo face à vista foram considerados dois tipos de ligadores com diferente forma e geometria (T2 e T4). Com o objetivo de compreender a influência do comprimento livre dos ligadores no desempenho global do sistema construtivo, especialmente quando são comprimidos, foram selecionadas duas espessuras para a caixa de ar, nomeadamente 100mm e 75mm (Quadro 1). Simultaneamente, pretendeu-se também analisar a influência do comprimento de embebiamento dos ligadores na junta de argamassa sob tração. Para a distância da cavidade de ar com 100 mm, o comprimento de embebiamento dos ligadores na junta de argamassa horizontal na parede de alvenaria de enchimento é de 65 mm e na junta na parede de alvenaria de tijolo face a vista é de 60 mm. Para a cavidade de ar com 75 mm de espessura, o comprimento de embebiamento dos ligadores na junta de alvenaria de tijolo face à vista é de 85 mm, e na junta da parede de alvenaria de enchimento é de 65 mm.

Os ligadores foram aplicados no padrão tradicional, em quincôncio, com densidade aproximada de 2,5 ligadores metro quadrado, ver Figura 4. Esta distribuição está de acordo com **as normas que especificam** este tipo de elemento [11-13].

Quadro 1. Características dos provetes

Proвете	Ligador	Espessura caixa de ar [mm]	Número de ligadores por m ²
T2-O-100-2.5	T2	100	2.5
T2-O-75-2.5	T2	75	2.5
T4-O-100-2.5	T4	100	2.5
T4-O-75-2.5	T4	75	2.5

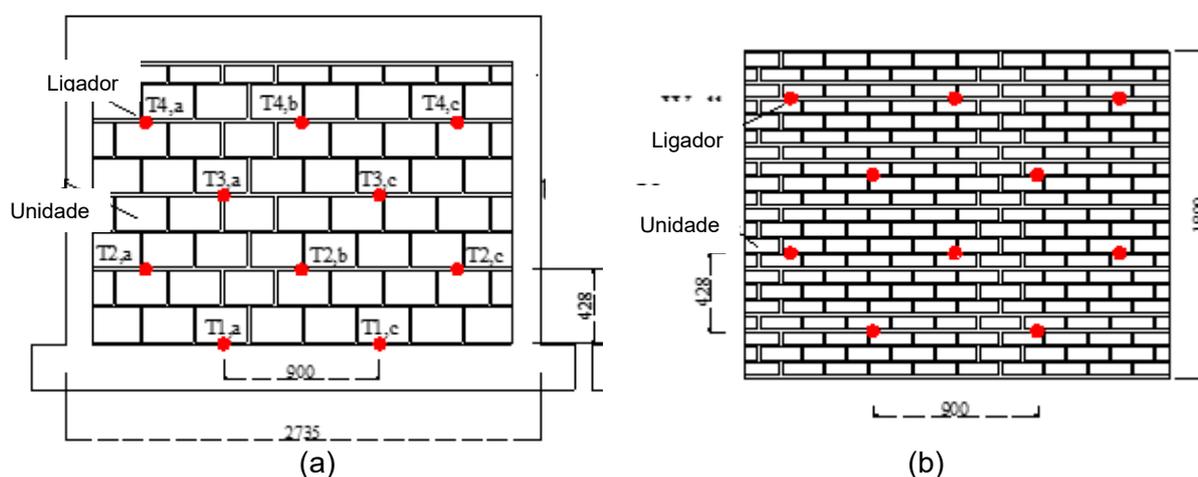


Figura 4. Distribuição dos ligadores; (a) parede de enchimento; (b) parede de tijolo face à vista

3.2 Estrutura de ensaio

Para a realização do ensaio cíclico fora do plano, foi projetada uma estrutura relativamente complexa de forma a promover as condições de fronteira o mais realistas possível para as paredes de alvenaria de tijolo face à vista. O sistema de carregamento fora do plano consistiu em três partes: (1) uma estrutura de carregamento ao qual está ligado o atuador hidráulico, (2) uma estrutura para simular o carregamento distribuído e (3) uma estrutura de reação, ver Figura 5.

A estrutura superior de reação foi reforçada para garantir que a viga superior do pórtico de betão armado fosse adequadamente impedida de movimentos fora do plano. O impedimento dos movimentos para fora do plano foi realizado por meio de uma estrutura metálica triangular, ligadas a dois perfis metálicos HEB 240 que foram fixados à parede lateral de reação em betão armado. O contacto da estrutura triangular com a viga de betão armado é feito através de quatro esferas de aço com diâmetro de 40 mm de forma a minimizar o atrito. O carregamento para fora do plano foi aplicado por uma estrutura metálica composta por um perfil rígido soldado em forma de L ligado a perfis metálicos horizontais HEB220, perfis

HEB160 inclinados para aumentar a rigidez da estrutura, dois perfis metálicos HEB140 verticais aos quais foram fixados um conjunto de elementos tubulares UNP50 para aplicação da carga em vários pontos da parede de tijolo face à vista. Cada elemento tubular foi fixado à parede de tijolo face à vista através de varões roscados HIT-V 5.8 ligados à parede por ancoragem adesiva Hilti HIT-HY 270 em cada ponto. No total, a carga é aplicada em 30 pontos. Foram adicionados quatro roletes na base da estrutura metálica para permitir o movimento livre na direção horizontal sem desenvolver atrito e, assim, evitar induzir força adicional registada pelo atuador horizontal. A estrutura de reação ao qual está ligado o atuador hidráulico consiste num perfil rígido HEB360 em forma de L fixado adequadamente à laje de reação. Este perfil é ainda reforçado por duas barras metálicas inclinadas.

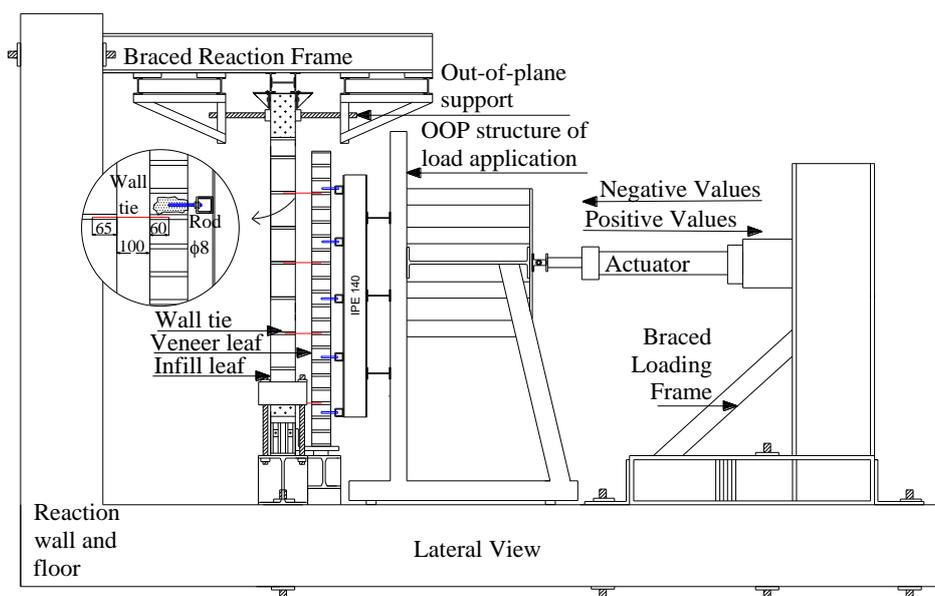


Figura 5. Estrutura de ensaio

3.3 Instrumentação e protocolo de carregamento

A instrumentação para a medição dos deslocamentos para fora do plano da parede de alvenaria de enchimento e da parede de tijolo face à vista é composta por 31 transdutores de deslocamento (LVDTs) conforme mostrado na Figura 6, sendo um deles usado para controlo do ensaio. A deformação fora do plano da alvenaria de enchimento foi monitorizada através de 11 LVDTs. Os LVDTs L1 a L4 foram colocados para medir o deslocamento relativo entre a alvenaria de enchimento e o pórtico de betão armado. Os LVDTs L5 a L11 pretendem medir a deformação fora do plano do painel de enchimento durante o carregamento. Dois LVDTs adicionais foram colocados para controlar o movimento para fora do plano do pórtico, nomeadamente nas vigas de betão armado inferior e superior (L0 e L12).

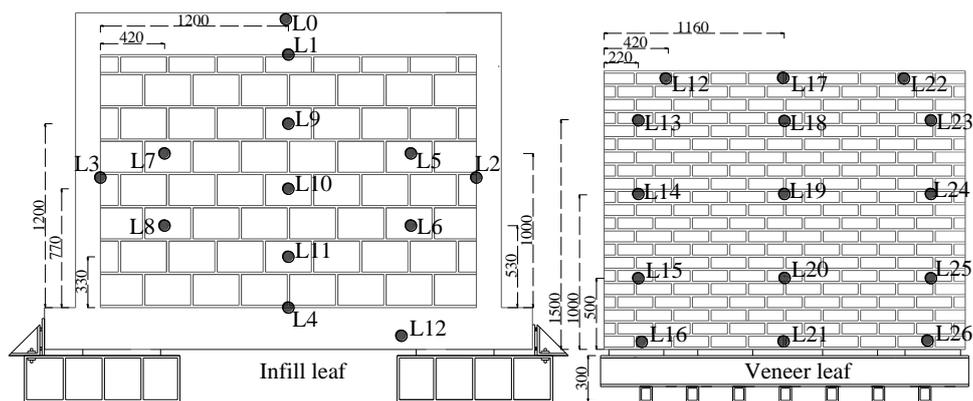


Figura 6. Instrumentação

Nas paredes de alvenaria de tijolo face à vista foram colocados 12 LVDTs de acordo com a distribuição indicada na Figura 6 (direita) para medir as principais deformações. Um LVDT adicional foi colocado na ligação entre atuador e estrutura de aplicação de carga para comparar o deslocamento interno do atuador e o deslocamento real que é imposto à parede. Quatro LVDTs foram colocados nos bordos externos da estrutura de aplicação de carga para medir o deslocamento real imposto durante o ensaio e sua distribuição na parede de tijolo face à vista (L27-L30), ver Figura 6 (direita).

O protocolo de carregamento foi efetuado de acordo com as recomendações FEMA 461 (2007) [14]. A amplitude de deslocamento a_{i+1} na etapa $i+1$ é cerca de 1,2 vezes a amplitude a_i na etapa i . A lei de deslocamento adotada indica-se na Figura 7.

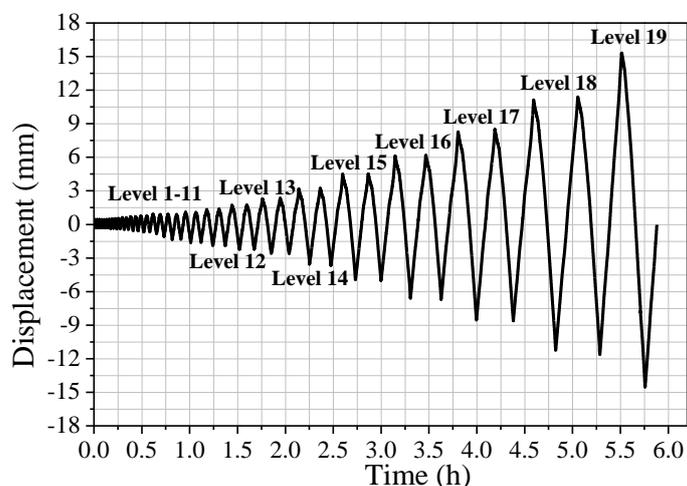


Figura 7. Protocolo de ensaio

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Os diagramas de força-deslocamento para cada parede de alvenaria com os diferentes tipos de ligadores e com a cavidade de ar com 75mm e 100mm de espessura apresentam-se na Figura 8. Para as paredes de alvenaria de tijolo face à vista são fornecidos dois diagramas força-deslocamento, nomeadamente considerando o deslocamento fora do plano medido no topo (L17) e medido a meia altura da parede (L19). Para além destes diagramas, é possível

também avaliar os diagramas força-deslocamento da parede de alvenaria de enchimento (parede de apoio) considerando o deslocamento medido no centro das paredes. Estes diagramas permitem a comparação: (1) das deformações da parede de alvenaria de tijolo face à vista e da alvenaria de enchimento; (2) entre o deslocamento no topo e no centro da parede de alvenaria de tijolo face à vista.

Importa referir que os valores de força positivos e negativos correspondem a tensões de tração e compressão nos tirantes, respetivamente. Devido a esses diferentes tipos de carregamento, a resposta histerética não linear não foi simétrica, pois de acordo com os resultados experimentais de ensaios tração-compressão cíclicos realizados previamente, os ligadores têm comportamento diferente sob carregamento de compressão e tração [10].

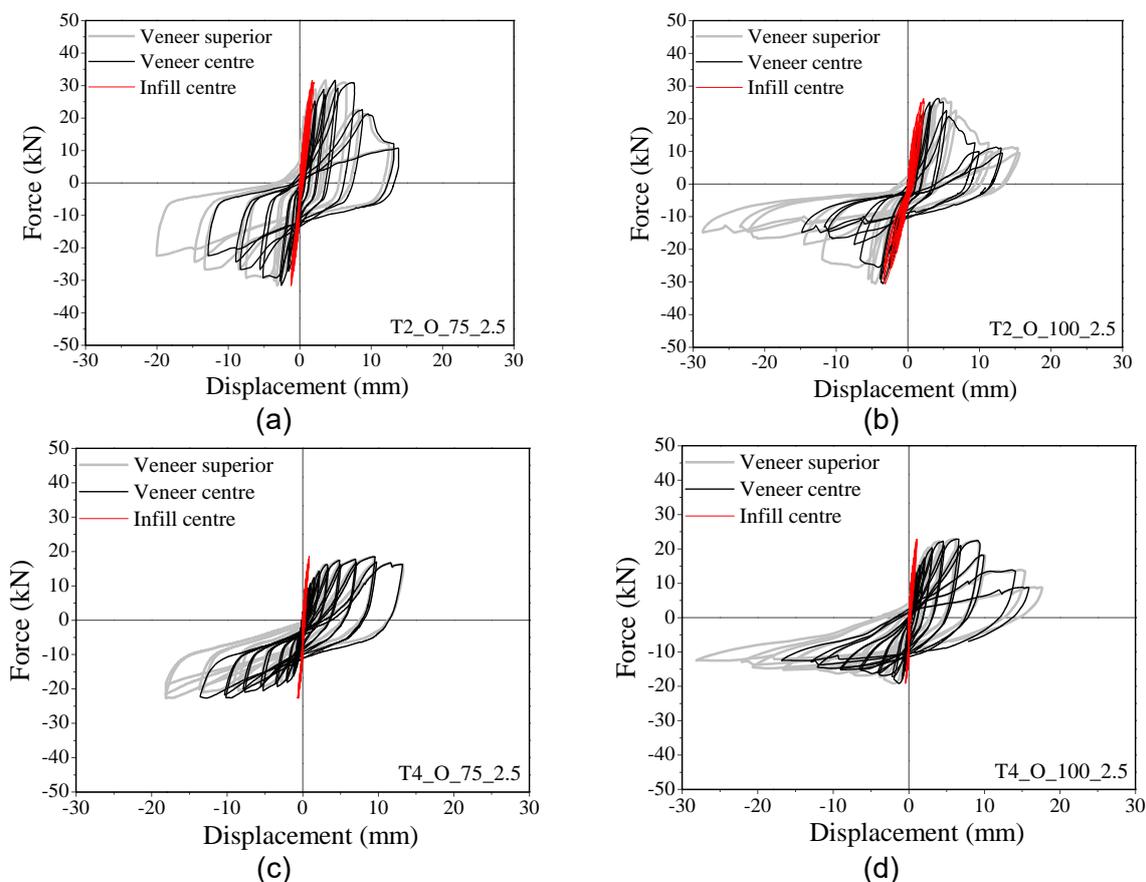


Figura 8. Diagramas força-deslocamento das paredes com: (a) ligador T2 e espaçamento da cavidade de ar de 75mm; (b) ligador T2 e espaçamento da cavidade de ar de 100mm; (c) ligador T4 e espaçamento da cavidade de ar de 75mm; (d) ligador T4 e espaçamento da cavidade de ar de 100mm

Em todas as paredes, nota-se uma diferença considerável entre a resposta no meio e no topo da parede de tijolo face à vista, particularmente quando esta parede é empurrada em direção à estrutura de suporte (pórtico de betão armado com alvenaria de enchimento), ou seja, para deslocamentos negativos. Este comportamento está relacionado com diferentes deslocamentos medidos ao longo da altura da parede, ver Figura 9. Tendo em conta que a parede de tijolo face à vista é simplesmente apoiada na base e ancorada através de ligadores na sua direção perpendicular, ficando os outros três lados livres para se deslocarem para fora

do plano, verifica-se uma tendência para a rotação para fora do plano da parede. Este comportamento é particularmente evidente no caso de os ligadores estarem submetidos a esforços de compressão. Em ambos os casos a parede roda, funcionando a base da parede de tijolo face à vista como um apoio simples. O comportamento diferenciado em tração e compressão pode ser explicado pelo comportamento diferenciado dos ligadores sujeitos a esforços de tração e compressão. Observou-se que, quando a parede de tijolo face à vista é puxada e os ligadores são submetidos à tração, esta apresenta um deslizamento inicial paralelo à direção de aplicação da carga. Os ligadores embebidos nas juntas de argamassa de ambas as paredes tendem a deslizar ao longo das juntas de argamassa quando a resistência de aderência atinge o valor máximo.

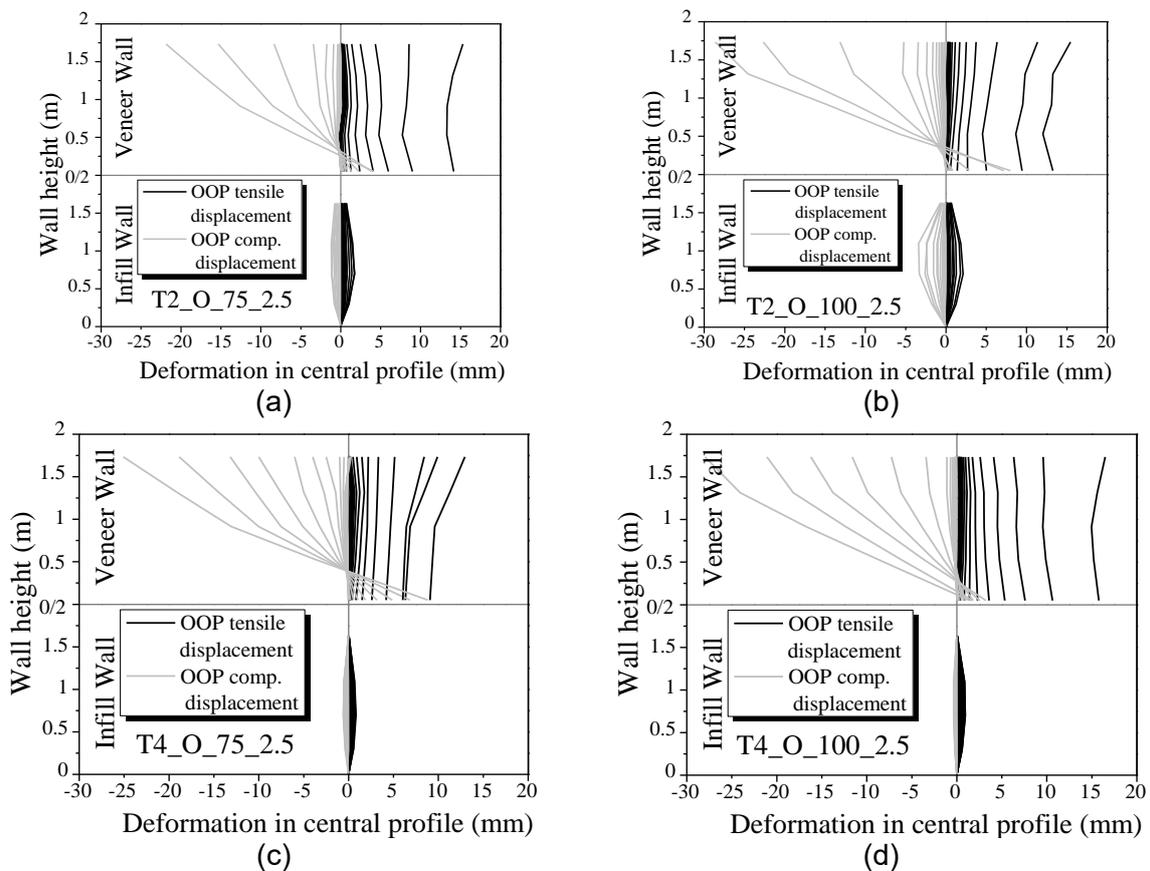


Figura 9. Perfis de deslocamento das paredes – alinhamento vertical central: (a) ligador T2 e espaçamento da cavidade de ar de 75mm; (b) ligador T2 e espaçamento da cavidade de ar de 100mm; (c) ligador T4 e espaçamento da cavidade de ar de 75mm; (d) ligador T4 e espaçamento da cavidade de ar de 100mm

Este comportamento dos ligadores em tração, que depende de parede para parede, contribui para o deslocamento observado na base das paredes, ver Figura 9. Quando as paredes de tijolo face à vista são empurradas em direção à parede de alvenaria de enchimento, os ligadores são submetidos à compressão e devido à baixa resistência à encurvadura por compressão dos ligadores, as paredes de tijolo face à vista apresentam uma rotação evidente em torno da base, sendo o deslocamento máximo observado no topo da parede. O comportamento diferenciado em tração e compressão é válido para ambos nas paredes ligadas à estrutura de suporte com os dois tipos de ligadores T2 e T4.

A cavidade de ar tem também uma influência considerável nos diagramas força-deslocamento obtidos nas paredes de tijolo face à vista quando os ligadores estão em compressão. Para a espessura da cavidade de ar de 100mm, a diferença entre o deslocamento no topo e a meia altura da parede é superior quando comparado com o que acontece no caso de a espessura da cavidade ser de 75mm. Este comportamento é válido para ambos os tipos de ligador e resulta da influência do comprimento livre do ligador, traduzindo-se numa maior tendência para instabilizar lateralmente.

No que diz respeito aos diagramas de força-deslocamento das paredes de enchimento, percebe-se que há uma diferença significativa em relação à parede de tijolo face à vista, ver Figura 8. A deformação da parede de enchimento depende da capacidade que os ligadores têm de transferir a carga para fora do plano para o sistema de apoio, tendo em consideração que a carga é aplicada diretamente na parede de tijolo face à vista. Este é um aspeto muito importante a ser levado em consideração no comportamento sísmico, pois mostra a interação entre as paredes e pode fornecer algumas indicações para um projeto estrutural adequado. Maior deformação da parede de enchimento traduz uma maior capacidade de os ligadores transferirem as cargas da parede de tijolo face à vista, o que resulta da maior resistência à tração e compressão da ligação parede/ligador. A análise dos resultados permite verificar uma maior eficiência de transferência de cargas quando se utiliza o ligador T2 em comparação com o ligador T4.

A geometria do ligador influencia também a resistência das paredes de tijolo face à vista (Quadro 2). As paredes com o ligador T2 apresentam um acréscimo da resistência em compressão de aproximadamente 40% e 60% para espessura da cavidade de ar de 75 e 100mm respetivamente em relação às paredes fixadas à estrutura com o ligador T4. Quando os ligadores estão sujeitos à tração, o acréscimo da resistência das paredes em que se utiliza o ligador T2 são superiores em aproximadamente 70% e 15% para espessuras de cavidade de ar de 75 e 100mm respetivamente quando comparadas com as paredes em que se utiliza o ligador T4. No caso do ligador T2 e para a espessura da cavidade de ar de 75mm não se verifica diferença na resistência das paredes quando os ligadores estão em tração e compressão. No caso da cavidade de ar com espessura de 100mm, verifica-se uma redução da resistência de 17% quando os ligadores estão em compressão. Tendência semelhante verifica-se no caso de serem utilizados ligadores T4 e cavidade de ar de 100mm. No caso do ligador T4 e cavidade de ar de 75mm, a resistência da parede é superior em compressão do que em tração, o que pode resultar numa diminuição do comprimento de encurvadura, que se sobrepõe ao efeito do aumento do comprimento de embebimento em do ligador em tração.

Quadro 2. Resistência máxima

Provete	T2-O-75-2.5	T2-O-100-2.5	T4-O-75-2.5	T4-O-100-2.5
$F_{\max,comp.}[kN]$	31.60	30.60	22.56	19.19
$F_{\max,trac.}[kN]$	31.61	26.19	18.35	22.83

5. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou e discutiu os resultados experimentais obtidos em ensaios cíclicos quase-estáticos fora do plano realizados em sistemas construtivos compostos por um pórtico de betão armado com enchimento em alvenaria de tijolo cerâmico de furação horizontal ao qual se fixa uma parede de tijolo face à vista através de ligadores metálicos com geometrias diferentes.

A partir dos resultados experimentais foi possível concluir que:

1. O comportamento das paredes de tijolo face à vista para ações fora do plano é governado pelo comportamento dos ligadores metálicos, que apresentam por sua vez um comportamento em tração e compressão distinto. Esta diferença é responsável em alguns casos pela resposta assimétrica da parede quando se dá a inversão do carregamento cíclico, induzindo alternadamente esforços de tração e compressão nos ligadores;
2. A geometria e forma dos ligadores influencia o comportamento cíclico para fora do plano do sistema construtivo composto pelas paredes de tijolo face à vista. O ligador T2 promove: (i) uma maior resistência do sistema, em particular quando os ligadores estão sujeitos à compressão; (ii) uma maior deformação da parede de enchimento como resultado de uma transferência mais eficaz das ações das paredes de tijolo face à vista para a estrutura de suporte;
3. A espessura da cavidade de ar influencia o comportamento das paredes para ações fora do plano, em particular quando os ligadores estão sujeitos a esforços de compressão. A redução da espessura da cavidade de ar resulta na diminuição do comprimento **livre** dos ligadores, diminuindo deste modo o comprimento de encurvadura e conseqüentemente a tendência para a instabilização lateral.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), através do financiamento do projeto de investigação SEVen - Desenvolvimento de Paredes de Alvenaria de Tijolo Cerâmico Sustentável para Envolventes de Edifícios (PTDC/ECI-CON/30876/2017).

REFERÊNCIAS

- [1] Memari, A.M., Burnett, E.F.P., Kozy, B.M. – “Seismic response of a new type of masonry tie used in brick veneer walls”, *Construction and Building Materials*, 2002, 16 (7), p. 397-407.
- [2] Desai, N., McGinley, W. M. – “A study of the out-of-plane performance of brick veneer wall systems in medium rise buildings under seismic loads”, *Engineering Structures*, 2013, 48, p. 683-694.
- [3] Borchelt, J.G. – “Building code requirements for brick veneer in seismic areas”, *Sísmica 2004 – 6th National Congress in Seismology and Earthquake Engineering*, University of Minho, Guimarães, Portugal, 2004.
- [4] Muhit, I., Masia, M., Stewart, M. – “Experimental Investigation of Unreinforced Masonry Veneer Wall System Under Out-of-plane Loading”, *14th Canadian Masonry Symposium Montreal, Canada, May 16th – May 19th, 2021*.

- [5] Arslan, O., Messali, F., Smyrou, E., Bal, I.E., Rots, J.G. – “Mechanical modelling of the axial behavior of traditional masonry wall metal tie connections in cavity walls”, *Construction and Building Materials*, 2021, 310, 125205.
- [6] Martins, A., Vasconcelos, G., Costa, A.C. – “Brick veneer walls: A review”, *Journal of Building Engineering*, 2017, 9, p. 29-41.
- [7] Furtado, A.F., Costa, C., Rodrigues, H., and Arêde, A. – Characterization of structural characteristics of Portuguese buildings with masonry infill walls stock. in 9th International Masonry Conference, 2014. University of Minho, Guimarães, Portugal.
- [8] Institute, A. C., 318-08 in *A. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary*. 2008.
- [9] Akhoundi, F. –” *Strategies for Seismic Strengthening of Masonry Infilled Reinforced Concrete Frames*”, Tese de Doutoramento, 2016, Universidade do Minho.
- [10] Martins, A., Vasconcelos G., Campos Costa, A. – “Experimental assessment of the mechanical behavior of wall tie connections on anchored brick veneer to masonry infill walls”, *Construction and Building Materials*, 2017, 156, p. 515-531.
- [11] AFNOR, *NF DTU 20.1 in P1-1. Ouvrages en maçonnerie de petits éléments — Parois et murs; Partie 1-1: Cahier des clauses techniques types*. 2008: France.
- [12] BS, *BS 5628*. 1992. in *Code of practice for use of masonry*.
- [13] The Masonry Society, B., Colorado, the American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, and the American Society of Civil, *MSJC 2008a*, in *Building Code Requirements for Masonry Structures (TMS 402-08/ACI 530-08/ASCE 5-08)*. 2008: Engineers, Reston, VA.
- [14] FEMA 461, in *Interim Testing Protocols for Determining the Seismic Performance Characteristics of Structural and Nonstructural Components*, 2007, Federal Emergency Management Agency.