

Paredes de tabique submetidas à compressão vertical – Proposta de ensaio *in situ* e interpretação dos resultados obtidos

José Padrão^{a,b}

Departamento de Engenharia Civil da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Viseu, Portugal, jpadrao@estgv.ipv.pt
CONSTRUCT-LESE, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal

Rui Silva

CONSTRUCT-LESE, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, ruis@fe.up.pt

António Arêde

CONSTRUCT-LESE, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, aarede@fe.up.pt

João Miranda Guedes

CONSTRUCT-LESE, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, jguedes@fe.up.pt

Nota: Este artigo foi selecionado para a Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, Série III, nº 17 de novembro de 2021, apresentando-se apenas o resumo alargado no livro.

RESUMO

Apresenta-se um ensaio de compressão, realizado *in situ* em paredes de tabique, com o objetivo de determinar, à escala real, a resistência da estrutura do seu tabuado (tábuas verticais e diagonais), principal elemento resistente deste tipo de paredes. O local de ensaio foi um edifício situado no centro da cidade do Porto, que se considera representativo do património edificado antigo corrente desta cidade. A técnica de ensaio foi desenvolvida no Laboratório de Engenharia Sísmica e Estrutural (LESE) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e o seu *set-up* foi concebido para ser um sistema modular adaptável às diferentes tipologias de paredes de tabique. Trata-se de um sistema autoequilibrado, isto é, que não introduz ações no edifício onde é utilizado e que aplica, num determinado comprimento, uma carga de compressão uniforme à parede ensaiada. Apresentam-se os dados resultantes do ensaio numa parede de tabique em duas situações distintas: com e sem reboco.

PALAVRAS-CHAVE:

Paredes de tabique; ensaio de compressão *in situ*; madeira; comportamento estrutural

1 INTRODUÇÃO

A técnica de ensaio apresentada foi desenvolvida no Laboratório de Engenharia Sísmica e Estrutural (LESE) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto [FEUP] [1] e o seu *set-up* foi concebido para ser um sistema modular adaptável a diferentes tipologias de paredes de alvenaria, tendo no presente caso sido adaptado ao ensaio de paredes de tabique (PT). O edifício e a PT ensaiada consideram-se representativos do património edificado antigo corrente da cidade do Porto. Apresentava um estado de degradação avançado, nomeadamente nos pisos superiores e nas escadas de acesso (em madeira maciça).

A PT possuía um comprimento total de 2,48 m e uma altura livre de 3,5 m. Era uma PT de tabuado duplo, constituída por uma camada de tábuas verticais, com uma espessura de 30 mm, sobreposta a uma camada de tábuas dispostas na diagonal com 15 mm de espessura. As ripas tinham seção retangular com uma espessura de 6 mm. A argamassa de enchimento e revestimento era feita à base de saibro e cal, totalizando uma espessura de cerca de 35 mm.

2 ENSAIO DE COMPRESSÃO IN SITU: SISTEMA, INSTRUMENTAÇÃO E PROCEDIMENTOS

Os testes *in situ*, comparativamente aos de laboratório, têm a vantagem de considerar o comportamento mecânico de PT nas suas condições reais, em particular eventuais degradações materiais ou nas ligações que existam. A constituição das PT, nomeadamente a disposição justaposta das tábuas verticais, torna o ensaio facilmente adaptável às suas diferentes tipologias [2, 3]. Esta modularidade permite de, uma forma metódica e consistente, estimar uma das propriedades mais importantes deste tipo de estruturas, a sua resistência a esforços de compressão vertical e, ao mesmo tempo, ao seu comportamento (deformada) para fora do plano por efeito de encurvadura. Os deslocamentos são medidos através de transdutores (dispostos na vertical e na horizontal), colocados nos dois lados da parede. Como se trata de ensaios *in situ* que têm de ser montados localmente, os equipamentos de ensaio foram idealizados para serem o mais leve e modulares possível. Assim, para o sistema de reação e carregamento foram adotados, pela sua forma e leveza, perfis metálicos da série UPN 200. Como se ilustra na Fig.1 a), os perfis (e consequentemente os módulos) têm 0,50 m de comprimento, podendo atingir um comprimento máximo de 2,00 m através da justaposição de 4 módulos. Os módulos são instalados nos dois lados da parede de tabique e a sua ligação é assegurada pela introdução e aperto de 2 varões de aço roscado por pares de módulos. A verticalidade e planura das tábuas (e/ou do material de revestimento) permite um encosto uniforme e regular dos perfis na parede. Quando submetidos a tensão, os varões criam uma área comprimida entre os dois níveis da parede de tabique ensaiada (Fig.1 b). A colocação de células de carga (com capacidade máxima de leitura de 100 kN) nos varões roscados verticais permite a aquisição contínua da força aplicada em todas as etapas do ensaio. Em cada uma das faces da PT são instalados transdutores de deslocamento (DT), que registam continuamente as deformações verticais e horizontais. A aquisição das leituras, quer das células de carga, quer dos DT, é feita de forma contínua. A configuração do ensaio permite obter a resposta da parede às cargas verticais impostas, nomeadamente a sua resistência e deformabilidade. A carga foi aplicada de forma monotónica e controlada. Os TD's foram considerados de acordo com a sua posição relativa na parede [por alinhamento], tendo sido agrupados os resultados dos TD's correspondentes ao mesmo alinhamento da parede em faces opostas.

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

A PT foi ensaiada à compressão para 2 situações distintas: parede com e sem reboco. As Fig. 2 a) e 2b) apresentam os gráficos (força por metro linear vs. extensão vertical, sendo extensões positivas as de compressão) com os resultados obtidos, por TD e considerando os valores médios (a tracejado) por alçado, para as duas situações.

A Fig. 2 c) apresenta o gráfico com o valor da carga de compressão (por unidade de comprimento) vs. extensões médias verticais, que permite determinar o módulo de rigidez inicial (i.e. EA, em que E se refere ao módulo de elasticidade e A à área da seção transversal com 1m de desenvolvimento) da parede nas duas situações avaliadas e que se apresentam na Fig. 2 d). Destas curvas infere-se que a carga crítica das paredes (carga de encurvadura - P_{crit}) é aproximadamente igual a 48 kN/m e a 33 kN/m, nos casos com e sem reboco de revestimento (ver Fig. 2d), evidenciando que o reboco contribui em mais 43% para a carga crítica. De forma idêntica, na Fig. 2 d) reportam-se os valores do módulo de rigidez axial (EA), mostrando que o reboco incrementa a rigidez em cerca 40%. Estes ensaios permitiram avaliar as

características de resistência (cargas críticas) e de rigidez axial vertical da PT, abrindo horizontes para, numa eventual campanha de reabilitação de PT com características e dimensões idênticas, estimar o potencial destas paredes para funcionarem como elementos portantes, principais, ou secundários.

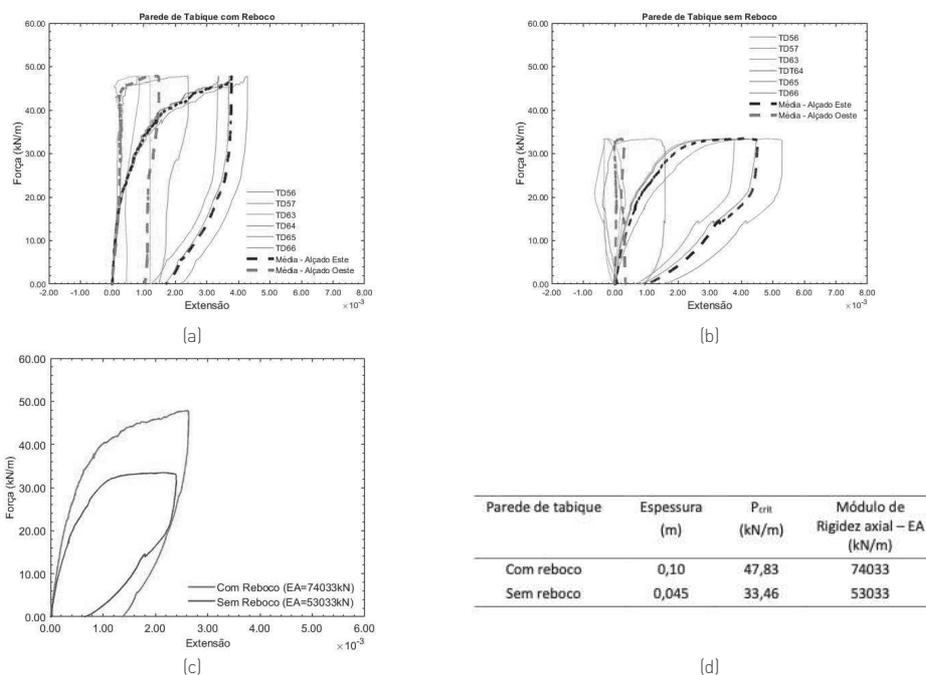


Figura 1. Gráfico força vertical vs extensão na parede de tabique: (a) com reboco, (b) sem reboco, (c) gráfico força vertical vs extensão média na parede de tabique e (d) resultados obtidos através dos ensaios

4 CONCLUSÕES

A realização do ensaio de compressão *in-situ* numa PT que utilizando o *set-up* desenvolvido no LESE mostrou a eficácia e a potencialidade deste sistema neste tipo de ensaios. Os procedimentos do ensaio são de fácil execução e a sua duração é relativamente curta. Apesar de ser a primeira vez que o ensaio foi aplicado neste tipo de paredes, os dois ensaios (parede com e sem reboco) foram realizados no mesmo dia. Verifica-se um acréscimo de cerca de 43% da carga crítica devido ao reboco em relação à parede apenas com a estrutura de madeira. Por outro lado, a rigidez axial apresenta um acréscimo de 40% no caso da parede de tabique com reboco. Como a capacidade de carga das PT é normalmente desprezada, este estudo dá uma ideia da ordem de grandeza da sua contribuição em relação à resistência à compressão vertical. Tomando como referência um edifício de habitação com vãos médios de 4,5 metros, o acréscimo de resistência à ação vertical é de 1,71 kN/m² (valor da ação permanente), em paredes de tabique revestidas com 3 metros de altura.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por: Financiamento Base - UIDB/04708/2020 e Financiamento programático - UIDP/04708/2020 da Unidade de Investigação CONSTRUCT - Instituto de I&D em Estruturas e Construções - financiada por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).

Os autores agradecem aos técnicos do Laboratório de Engenharia Sísmica e Estrutural – LESE pelo apoio na preparação dos ensaios.

REFERÊNCIAS

- [1] Silva, Rui (2019). Mechanical characterization of stone masonry walls of Porto region: experimental and numerical contributions. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, PhD Thesis.
- [2] Padrão J. et al. (2019). Experimental Characterization of Mechanical Behaviour of Existing Tabique Walls Under Compressive and Shear Loading. In: Aguilár R., Torrealva D., Moreira S., Pando M.A., Ramos L.F. (eds) Structural Analysis of Historical Constructions. RILEM Bookseries, vol 18. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99441-3_61.
- [3] Padrão, J. et al. (2020). As paredes de tabique em Viseu – Detalhes construtivos e caracterização material. RPEE – Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, série III, n.º 14, pp. 71 a 84.