

junho 2022 **Comunicações**



**fórum internacional do
património arquitetónico
portugal / brasil**



universidade de aveiro
theoria poiesis praxis

FICHA TÉCNICA

EDITORES

Alice Tavares
Aníbal Costa

PAGINAÇÃO E MONTAGEM

Briefing

CAPA

Ana Sofia Almeida (UA)

EDIÇÃO

Junho de 2022

ISBN

978-989-54851-2-3

Os textos são da exclusiva responsabilidade dos seus autores.

© Os autores. 2022

© Os editores. 2022

Universidade de Aveiro

Campus Universitário de Santiago | 3810-193 Aveiro, Portugal
P3R, Lda

COORDENAÇÃO GERAL

Coordenação Geral Portugal
Aníbal Costa e Alice Tavares

Coordenação Geral Brasil

Maria Rita S. P. Amoroso

COMISSÃO EXECUTIVA

Alice Tavares (CICECO, DEMAC, Universidade de Aveiro, APRUPP, PT)
Aníbal Costa (RISCO, DECivil, Universidade de Aveiro, PT)
João Carlos Santos (Direção Geral do Património Cultural, PT)
Elisabete Moura (Direção Geral do Património Cultural, PT)
Mário Antas (Museu dos Coches, PT)

Comissão Organizadora

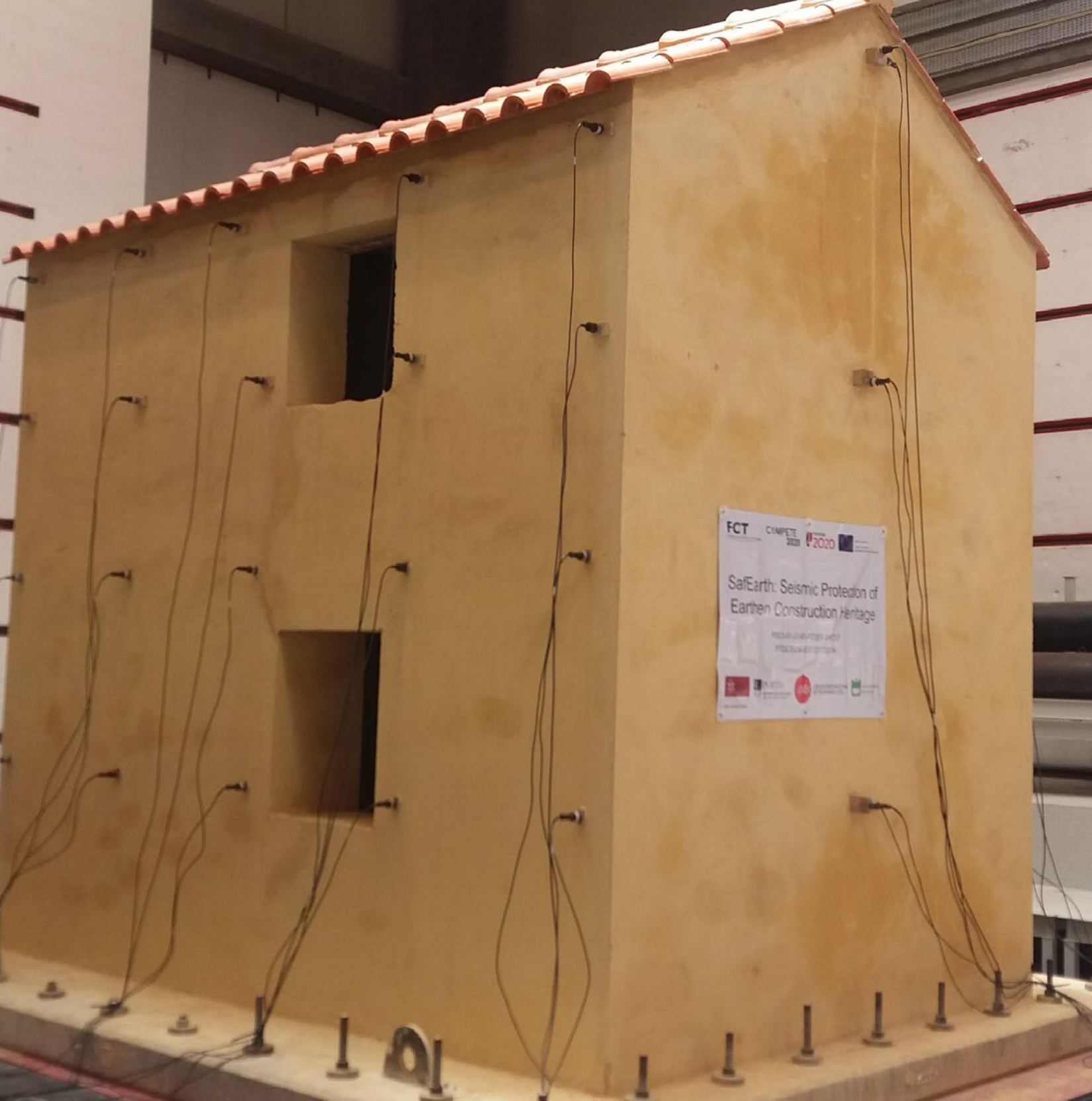
Alice Tavares (CICECO, DEMAC, Universidade de Aveiro, APRUPP, PT)
Aníbal Costa (RISCO, DECivil, Universidade de Aveiro, PT)
João Carlos Santos (Direção Geral do Património Cultural, PT)
Elisabete Moura (Direção Geral do Património Cultural, PT)
Mário Antas (Museu dos Coches, PT)
Maria Rita Silveira de Paula Amoroso (FIPA Brasil - FAU/SP- IAB, BR)
Kátea Bogéa (Fundação Municipal de Património Histórico São Luís do Maranhão, BR)
Andrey Rosenthal Schlee (Universidade de Brasília, BR)

Comissão de Apoio à organização e comunicação:

Ricardo Magalhães (Rota do Românico, PT)
Rosário Machado (Município de Amarante, PT)
Inês Flores-Colen (GECORPA, Pedra & Cal)

Comissão científica

Adalberto Dias (FAUP, PT)
Alexandre Costa (ISEP/CONSTRUCT, PT)
Alice Tavares (CICECO, DEMAC, Universidade de Aveiro, APRUPP, PT)
Ana Velosa (RISCO, DEC, Universidade de Aveiro, PT)
Andrey Rosenthal Schlee (Universidade Brasília, BR)
Aníbal Costa (RISCO, DEC, Universidade de Aveiro)
Clara Magalhães (UNSW Sydney, LEAK, TERRA, Australia, Universidade de Aveiro, PT)
Clara Vale (FAUP, PT)
Ceça Guimaraes (Instituto dos Arquitetos do Brasil –Rio de Janeiro, RJ, BR)
Denis Dias (PROARQ – UFRJ, RJ, BR)
Hugo Rodrigues (RISCO, DECivil, Universidade de Aveiro, PT)
João Carlos Santos (DGPC, PT)
João Labrincha (CICECO, DEMAC, Universidade de Aveiro, PT)
João Miranda Guedes (FEUP, PT)
Joaquim Teixeira (FAUP, PT)
Kátea Bogéa (Fundação Municipal de Património Histórico São Luís do Maranhão, BR)
Luís Eduardo Paim Longui (Universidade DON BOSCO UNDB- MA, BR)
Márcia Sant'Anna (UFBA, BR)
Marcos Tognon (Departamento de História IFCH – UNICAMP, SP, BR)
Margareth Figueiredo (Universidade Federal de São Luís do Maranhão, BR)
Márcia das Graças Ferreira (Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ, BR)
Márcia Fernandes (CEAACP, I&D 281 FCT, U. Coimbra, PT)
Márcia José Feitosa (IAB, SP, BR)
Márcia Rita Silveira de Paula Amoroso (Coordenadora Geral FIPA –BRASIL - FAU/SP- IAB)
Miguel Malheiro (U. Lusitana, Porto, PT)
Nádia Someck (Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, SP, BR)
Nivaldo Vieira de Andrade Junior (Universidade Federal da Bahia- UFBA, IAB DN, FPA, BR)
Nuno Valentim (FAUP, PT)
Paula Silva (Arq, PT)
Paulo Cachim (RISCO, DEC, Universidade de Aveiro, PT)
Paulo Lourenço (Universidade do Minho, PT)
Paulo Ormino de Azevedo (Universidade Federal da Bahia – UFBA, BR)
Ricardo Magalhães (Rota do Românico, PT)
Ronaldo André Rodrigues da Silva (PUC Minas, Presidente do TICCIH Brasil, BR)
Rosário Correia Machado (Município de Amarante, PT)
Rosário Soares (CICECO, Universidade de Aveiro, PT)
Rosário Veiga (LNEC, PT)
Rui Póvoas (FAUP, PT)
Rui Silva (CICECO, DEMAC, Universidade de Aveiro, PT)
Sérgio Ferraz Magalhães (PROURB-UFRJ –Presidente IAB 2012/2017 e do 27 Congresso UIA-2020 Rio de Janeiro, RJ, BR)
Teresa Ferreira (FAUP, PT)
Vasco Peixoto de Freitas (FEUP, PT)



SHS-MULTIRISCO: Solução Habitacional Simples para (re)construção resistente a sismos e furacões

Leandro Torres Di Gregorio¹, Aníbal Costa², Alice Tavares³, Hugo Rodrigues⁴, Jorge Fonseca⁵

¹ Professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil / Universidade de Aveiro, Portugal, leandro.torres@poli.ufrj.br

² Professor catedrático, RISCO, DEC da Universidade de Aveiro, agc@ua.pt

³ Arquiteta, investigadora CICECO, DEMAC, Universidade de Aveiro, presidente APRUPP, tavares.c.alice@ua.pt

⁴ Professor associado RISCO, DEC da Universidade de Aveiro, hrodrigues@ua.pt

⁵ Mestre Eng. civil, RISCO, DEC da Universidade de Aveiro, jfonseca@ua.pt

Resumo

Um dos desafios significativos da recuperação em situações críticas (pós-desastre, pós-conflito, assentamento de refugiados, entre outros) é a rápida e adequada (re)construção de moradias, com recursos escassos e envolvimento da população afetada. O projeto Solução Habitacional Simples (SHS) consiste numa proposta de metodologia para (re) construção de habitações e outros edifícios de pequeno porte (escolas, postos de saúde), utilizando tecnologias de construção de baixo custo e trabalho comunitário (sistema de ajuda mútua, mutirão). A ideia é fornecer conteúdos que ajudem as populações atingidas a trabalharem na reconstrução, com o apoio de profissionais qualificados (engenheiros e arquitetos). Dentre as ameaças capazes de causar desastres naturais, terremotos e furacões são os que mais demandam as estruturas das edificações e também os que apresentam maior imprevisibilidade. Para estas situações, está sendo desenvolvido o Projeto SHS-MULTIRISCO, que é um spin-off em parceria entre Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade de Aveiro (UA). A principal tecnologia construtiva adotada no Projeto SHS é a alvenaria armada de Blocos de Terra Compactada - BTCs. É considerada simples de construir, com baixo custo, baixo impacto ambiental e permite a aplicação de materiais locais. O objetivo deste artigo é apresentar o Projeto SHS e os seus mais recentes resultados de pesquisa do SHS Multirisco, alinhado com o Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (2015-2030) e o Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas (2015).

Palavras-chave: Blocos de terra compactada; Sustentabilidade; Sísmica; Auto-construção; Recuperação habitacional pós-desastre; Gestão de riscos.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as ameaças capazes de causar elevados danos no edificado estão os desastres naturais, sendo os terremotos e os furacões os que mais demandam as estruturas das edificações e também os que apresentam maior imprevisibilidade. Esta necessidade torna-se ainda mais expressiva nos países em desenvolvimento, onde a maioria das pessoas vive em construções baixas e informais feitas de materiais de qualidade inferior, tornando-as ainda mais vulneráveis [1]. No que se refere à reconstrução pós-desastres, os esforços de investigação em países em desenvolvimento da Ásia e América do Sul estão muito aquém daqueles praticados em países desenvolvidos e, tratando-se do continente Africano, este é raramente abordado [2].

O Projeto SHS (Solução Habitacional Simples) consiste em uma metodologia para (re)construção de residências e outras edificações de pequeno porte, em sistema de mutirão (construção comunitária), buscando otimizar os recursos disponíveis e contribuir para a organização do caos instalado em situações críticas, como o pós-desastre, pós-conflito, realocação de refugiados, ou a construção de rotina para mitigação de riscos. Baseia-se nos princípios fundamentais para a recuperação sustentável da habitação declarados pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e pela Plataforma Internacional de Recuperação (IRP) [3]: sustentabilidade ambiental, técnica, financeira e sócio-organizacional [4]. Atualmente conta com um site [5] e um canal no YouTube [6], com cerca de 30 videoaulas. O projeto foi um dos finalistas do Sasakawa Awards 2019, prêmio da Organização das Nações Unidas (ONU) na área de desastres, com impactos nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16 e 17.

O SHS-Multirisco é um spin-off que se desenvolve por meio de uma parceria entre Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade de Aveiro (UA), e propõe um modelo de residência resistente simultaneamente a ameaças de terremotos e furacões, dentro de uma faixa específica de magnitude a ser definida no projeto, utilizando tecnologias construtivas simples, de baixo custo e ecologicamente amigáveis quando comparadas às alternativas tradicionais em terra ou as mais tecnológicas mas menos acessíveis.

A principal tecnologia construtiva adotada no Projeto SHS é a alvenaria armada de Blocos de Terra Compactada - BTCs. Neste trabalho, o termo BTC refere-se a blocos produzidos a partir da compressão da mistura de solo estabilizado com cimento e água, com a possível adição de cal hidratada. É considerado simples de construir, com baixo custo, baixo impacto ambiental e permite a aplicação de materiais locais. Uma vez que o principal material de construção aplicado é o solo local, constitui uma solução de reduzido impacto ambiental adequada para o aproveitamento da mão de obra dos beneficiários na fabricação de blocos e construção de casas. Permite a produção de blocos com prensas manuais e reduz a emissão de gases de efeito estufa, pois os blocos não são queimados em fornos, mas utilizam pequenas proporções de 6:1, 8:1 ou 10:1 de solo e cimento como ligante.

O aspecto modular do BTC permite uma construção relativamente rápida e limpa por meio do intertravamento dos blocos. Assim, o projeto arquitetônico deve prezar por vãos múltiplos de ½ bloco, minimizando cortes e desperdícios. Na alvenaria em BTC armada (reforçada) com blocos vazados com dois furos, alguns furos são estrategicamente preenchidos com argamassa

armada e incorporam ductilidade ao sistema estrutural. Os furos servem à passagem de instalações elétricas embutidas, mas as instalações hidráulicas, de esgoto ou gás não são permitidas no interior de alvenarias. Seu apelo estético pode ser explorado através da exposição dos blocos recobertos por uma fina camada de resinas hidrorrepelentes ou texturas acrílicas. Esta camada de proteção, bem como a camada impermeável executada na base das paredes, são medidas indispensáveis para a conservação dos blocos.

A viabilidade econômica dos modelos de residência SHS foram estudadas em detalhe em [8], chegando-se à conclusão que é possível uma economia de 40% a 50% em relação ao padrão de construção tradicional da América Latina, desde que combinada a tecnologia de construção de baixo custo com o sistema de construção comunitária (mutirão).

O interesse das populações vulneráveis em participar de empreendimentos em mutirão nos moldes do Projeto SHS foram verificados em pesquisas realizadas no Brasil [9, 10] e Haiti [11], com taxas de adesão que variaram de 80 a 100%. De referir que, atualmente, um ex-aluno haitiano da UFRJ aplica conhecimentos do Projeto SHS em empreendimento social no Haiti [12], país este que teve um grande terremoto a 14 de agosto de 2021 na Península de Tiburon, que em janeiro de 2010 já havia passado por um outro e, por este motivo, representa uma experiência em contexto real.

O objetivo deste artigo é apresentar o Projeto SHS (Simple Housing Solution) e seus últimos resultados de pesquisa em curso do SHS-Multirisco, alinhados com o Marco de Sendai para Redução do Risco de Desastres (2015-2030) [7] e o Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas (2015).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção foi organizada segundo a cronologia das etapas do projeto SHS-Multirisco.

2.1 Modelo SHS-Multirisco 1.0

Em 2018 e 2019, foram realizados na UFRJ estudos de ameaças de ventos fortes [13] e terremotos [14], foi realizada a primeira fase experimental detalhada em [5], o que possibilitou o desenvolvimento da proposta do primeiro modelo residencial SHS-Multirisco 1.0. As verificações de cálculo foram realizadas conforme adaptações da norma BS-5628-2 [15] atenderam à acelerações PGA da ordem 0,2g (próximas ao cenário do sismo Haiti 2018), sendo que modelo de um pavimento não permite ampliações laterais ou verticais (Figura 1). A liquefação no solo e propostas de mitigação foram estudadas em [16].

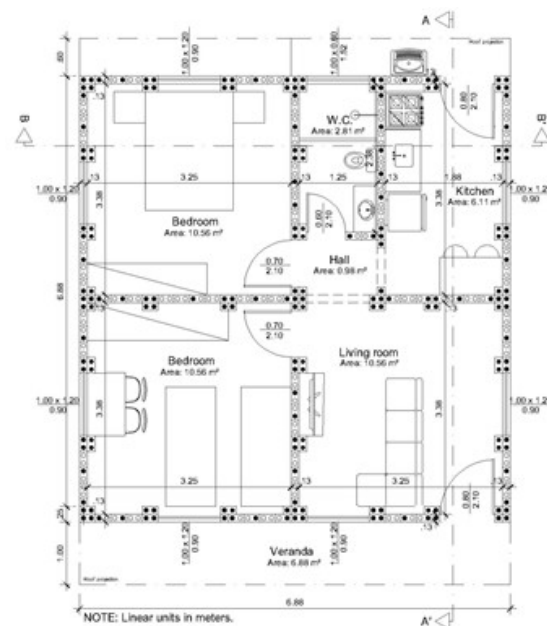


Figura 1: Planta baixa da Casa SHS-Multirisco 1.0 [14].

2.2 Experimento multi-fatorial de corte em pequenas paredes

De 2019 a março de 2020 ocorreu a 2ª fase experimental, quando foram realizados ensaios de corte em 16 pequenas paredes nas instalações UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, visando entender as contribuições dos seguintes fatores sobre a resistência ao corte da alvenaria (variável de resposta): disposição das armaduras de reforço ao longo da altura, percentual dos furos reforçados verticalmente, e existência de revestimento bruto em chapisco / emboço.

2.3 Esboço do novo modelo residencial e definição da tipologia dos painéis

Em abril de 2021 teve início a parceria entre UFRJ e UA, quando buscou-se um estudo preliminar de arquitetura-estrutura e a definição de tipologias dos painéis de alvenaria com características que permitissem melhor desempenho em situações críticas, mantendo a viabilidade econômica. O modelo SHS-Multirisco versão 2.0 visa atender cenários com acelerações PGA próximas ao do sismo Haiti 2010 / 2021, da ordem de 0,5g. O anteprojeto encontra-se em fase de desenvolvimento e depende da confirmação dos novos resultados experimentais para ser apresentado. As análises estruturais serão realizadas no software SAP2000 e as verificações estruturais realizadas de acordo com adaptações da norma BS-5628-2 [15].

2.4 Definição da terceira fase experimental (UFRJ-UA)

Foram definidas três tipologias de painéis argamassados para ensaios e um novo programa experimental a ser realizado na UA, durante os estudos de pós-doutoramento do primeiro autor. Neste planejamento, os provetes foram divididos em quatro grupos: S1 - painéis em tamanho real executados sobre a sapata 1, S2 - painéis em tamanho real executados sobre a sapata 2, S3 - painéis em tamanho real executados sobre a sapata 3, e DIVERSOS - provetes menores variados (pequenas paredes e prismas). No geral, foram previstos os seguintes ensaios e provetes:

- corte em (no plano e fora do plano) em paredes em escala real (h~220cm): 15 provetes;
- compressão diametral em pequenas paredes (h~69cm a 106cm): 9 provetes;
- compressão axial em pequenas paredes (h~106cm): 9 provetes;
- compressão nas unidades (BTCs): 32 provetes, sendo 8 correspondentes a cada grupo de provetes de alvenaria (4 secos e 4 saturados);
- flexão nas unidades (BTCs): 12 provetes, sendo 3 correspondentes a cada grupo de provetes de alvenaria;
- compressão na argamassa: 12 provetes, sendo 3 correspondentes a cada grupo de provetes de alvenaria;
- flexão na argamassa: 12 provetes, sendo 3 correspondentes a cada grupo de provetes de alvenaria;
- absorção de água: 4 provetes, sendo 1 correspondente a cada grupo de provetes de alvenaria;
- corte na interface tijolo-argamassa: 27 provetes, em 3 estágios de pré-compressão;
- eficiência na emenda de armaduras: 6 provetes;
- tração na ligação tijolo-argamassa: 12 provetes;
- caracterização granulométrica: 4 amostras de solo, correspondentes a cada grupo de provetes de alvenaria.

Com base na programação experimental definida, foram estimados a quantidade de tijolos a ser produzida e os recursos necessários, adicionando-se 5% de perdas.

2.5 Fabricação de tijolos

Antes da fabricação dos tijolos, foram realizados testes na UA para escolha do traço, conforme NBR 8491: 2012 [17] e NBR 8492: 2012 [18]. O traço em volume 8:1 apresentou a melhor relação benefício / custo.

O processo de fabricação dos tijolos foi planejado visando reproduzir condições de recursos escassos de comunidades vulneráveis, ou seja: utilização de prensa manual mecânica, peneiramento manual do solo, dosagem e mistura manuais do traço (Figura 2). Utilizou-se betoneira elétrica a título de facilitar o processo de mistura seca do solo, cal e cimento, mas reconhece-se que poderia ser feito apenas manualmente.

Para tanto, foram transferidos equipamentos básicos (prensa manual de BTCs, mangueira, crivo de rede abertura 5mm, baldes, lonas plásticas e ferramentas) para as instalações da empresa Vagoirertes LDA., localizada no Concelho de Vagos,

Aveiro, Portugal. O solo, a água, energia elétrica e os paletes para armazenagem foram fornecidos como cortesia pela empresa Vagoinertes, assim como o local para a produção. A mão de obra externa foi patrocinada pelo Departamento de Construção Civil da UFRJ e os materiais / equipamentos foram patrocinados com recursos do centro de custo dos pesquisadores (autores) da UA.

A moldagem dos tijolos foi realizada em duas etapas, totalizando 5.584 unidades de BTC. O primeiro autor participou diretamente na produção dos tijolos. Após a moldagem, os tijolos foram cobertos com lona plástica em cura inicial com a própria umidade por 12h. Após este período, iniciou-se a cura húmida dos tijolos por três dias consecutivos, quando foram armazenados em paletes. Nos meses de outubro a dezembro de 2021, os paletes de tijolos foram transportados para a UA, onde foi realizada a construção dos provetes para ensaios.



Figura 2: Prensa manual mecânica usada na produção dos tijolos (esquerda) e área da fábrica montada no estaleiro da empresa Vagoinertes LDA. (direita).

2.6 Construção de provetes

Antes da construção dos provetes, foram realizados ensaios para definir a tipologia dos painéis, consistindo de compressão e flexão nas argamassas, corte na interface argamassa-tijolo e arrancamento do aço.

As 15 paredes em escala natural ($h=2,30m$) foram construídas sobre 3 sapatas rígidas de betão armado com 60cm de altura, das quais uma foi produzida especialmente para estes fins e incorporada ao estoque de equipamentos do Laboratório de Engenharia Civil da UA. No topo de cada provete das paredes, foi construído coroamento em betão armado com cerca de 10cm de altura, a servir como base para as vigas de aperto do ensaio de corte. As fontes de financiamento desta atividade foram as mesmas da etapa de fabricação dos tijolos.

A construção dos provetes foi realizada no Laboratório do Departamento de Engenharia Civil da UA, em duas etapas e contou com 3 operários em média (dois profissionais e um ajudante), sendo que o primeiro autor participou diretamente desta tarefa. Ao fim do processo de construção dos provetes, os operários que participaram do trabalho receberam as declarações do Projeto SHS referentes à conclusão do Curso de Capacitação em Fabricação de BTCs e ao Curso de Capacitação em Construção com Alvenarias Armadas de BTC.

Após a construção dos painéis, foram realizados ensaios de caracterização dos diferentes grupos de provetes, consistindo em: compressão dos BTCs, compressão e tração na flexão das argamassas, e ensaios complementares (absorção, flexão nos BTCs e granulometria).

2.7 Ensaio de identificação dinâmica das paredes da sapata S1

Foi efetuado um ensaio dinâmico às paredes da sapata S1, com o auxílio de dois acelerómetros uniaxiais com sensibilidade de 10.0 V/g e com uma gama de acelerações de 0.5 g. Na análise modal foram usadas técnicas de extracção modal no domínio da frequência (peak picking e frequency domain decomposition) implementadas no software ARTeMIS. Estas técnicas permitem, não só estimar as frequências próprias, mas também estimar as formas de vibração em cada modo da parede.

2.8 Preparação para o ensaio cíclico de corte nas paredes

Para execução dos ensaios cíclicos de corte nos painéis de alvenaria em tamanho real, foi projetada uma estrutura metálica auxiliar, a funcionar em conjunto com o atuador, com o objetivo de permitir aplicação de carga horizontal no topo dos painéis de alvenaria, estes localizados em diferentes trechos das sapatas de betão armado (Figura 3).

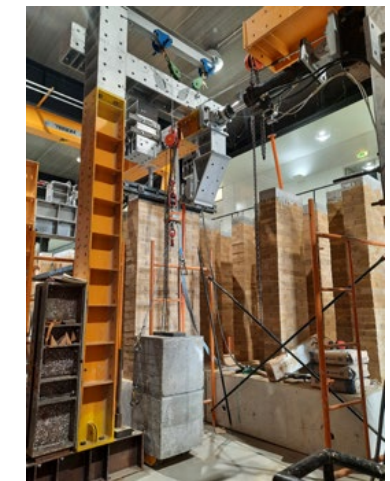
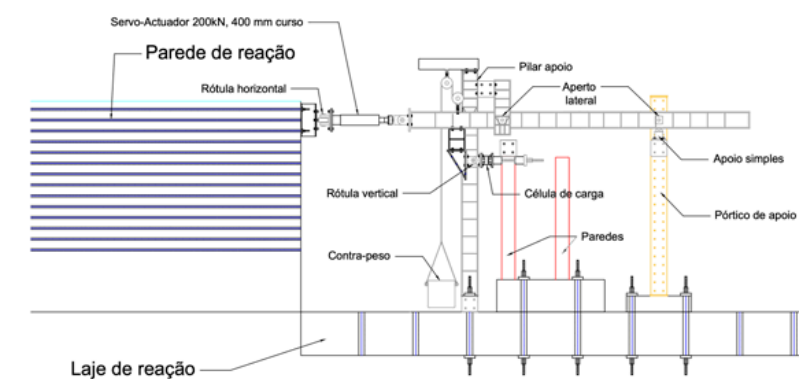


Figura 3: Estrutura auxiliar para ensaio (esquerda) e detalhe do contrapeso (direita).

No topo dos painéis foi aplicada massa de cerca de 370kg, representando uma carga média do telhado da casa.

A lei de carga do atuador foi programada para controle em deslocamento com uma velocidade constante de 0,1mm/s, até atingir o deslocamento de 5mm, e 1mm/s, a partir daí. Cada estágio de carga corresponde a três ciclos.

Em relação à instrumentação para ensaios cíclicos de corte fora do plano, foram previstas três linhas verticais de instrumentação na face oposta ao atuador (LVDTs apontados, no meio e nas extremidades da parede), duas linhas verticais na face mais próxima ao atuador (LVDTs fixos) e duas linhas verticais nas laterais (LVDTs fixos).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensaios para caracterização dos componentes dos painéis construídos

Compressão dos BTCs

Os resultados apontaram uma resistência significativamente maior para os tijolos traço 8:1 produzidos na fábrica (média de 7,29MPa), em comparação com as amostras produzidas em laboratório (média extrapolada aos 28 dias da ordem de 2,20MPa). Atribui-se esta diferença a duas causas em potencial: o eventual emprego acidental de cimento antigo disponível em laboratório, e a força realizada na prensagem, considerada maior no caso da fábrica devido à ajustes no processo de fabricação.

Considerando ainda o efeito da saturação do provete na resistência, os tijolos secos apresentaram uma resistência aproximadamente 41% maior que a dos tijolos saturados, cuja média foi de 5,17MPa. As dispersões dos resultados em ambos os casos se mostraram relativamente altas, com coeficientes de variação da ordem de 20%.

Compressão e tração na flexão das argamassas

A resistência média de compressão das argamassas (tanto de assentamento dos tijolos como de emboço), obtida pelo ensaio do prisma conforme EN1015-11:1999 [19], ficou em torno de 11,7MPa, enquanto a tensão média de tração na flexão foi da ordem de 2,6 MPa, representando cerca de 20% da resistência de compressão.

3.2 Ensaio de identificação dinâmica das paredes da sapata S1

Para as paredes da sapata S1, foram extraídos os três principais modos de vibração: fora do plano, no plano e torção, sendo que para a parede 1 foram, respectivamente, 9,31Hz, 26,36Hz e 33,72Hz.

3.3 Ensaio cíclico de corte para fora do plano na 1ª parede

Para o ensaio da parede de alvenaria armada de blocos de terra comprimida, foi utilizada a lei de carga da Figura 4a. Entre o início do ensaio e o deslocamento de 5 mm, a velocidade de aplicação do deslocamento foi de 0,1mm/s e acima deste valor de 1mm/s. Os incrementos de deslocamento acima de 5 mm foram de 2,5mm até 15mm e, a partir deste ponto, os ciclos de deslocamento impostos no topo da parede foram de 5mm até ao término do ensaio.

Observando o diagrama histerético (Figura 4), verifica-se até aos 5 mm, aproximadamente, uma boa rigidez na parede, no sentido de compressão (sentido positivo) e tração (sentido negativo) do topo da parede, apresentando um comportamento

quase linear elástico. A partir dos 5 mm a parede perde rigidez, verificando-se um novo aumento desta a partir dos 20mm de deslocamento no topo da parede no sentido positivo de ensaio. Entre os 55 e 60 mm verifica-se uma perda acentuada de rigidez com a formação de um patamar quase horizontal até ocorrer a rotura da sapata de betão, para o ciclo de 75 mm de deslocamento no topo da parede e no sentido positivo. No sentido negativo de ensaio, a partir dos 5mm verifica-se um perda de rigidez, mantendo-se quase constante até aos 40mm de deslocamento no topo da parede, patamar a partir do qual se verifica uma perda gradual da capacidade da parede de aguentar carga à medida que os ciclos de deslocamento vão sendo impostos. Estas perdas estão relacionadas com o dano ocorrido na parede, traduzido pela abertura das juntas horizontais na interface bloco de terra comprimida/argamassa ao longo de diversos pontos da parede, mas principalmente na altura 75cm, quando também surgiram fissuras de corte para deslocamentos negativos. Os deslocamentos máximos observados no topo da parede foram da ordem de ± 80 mm, as forças horizontais máximas no topo foram cerca de 8kN (deslocamentos positivos do atuador) e 6,3kN (deslocamentos negativos do atuador). O ensaio foi terminado após a rotura do betão da sapata, e não por motivo de danos na parede, sinalizando um bom desempenho ao corte com flexão fora do plano.

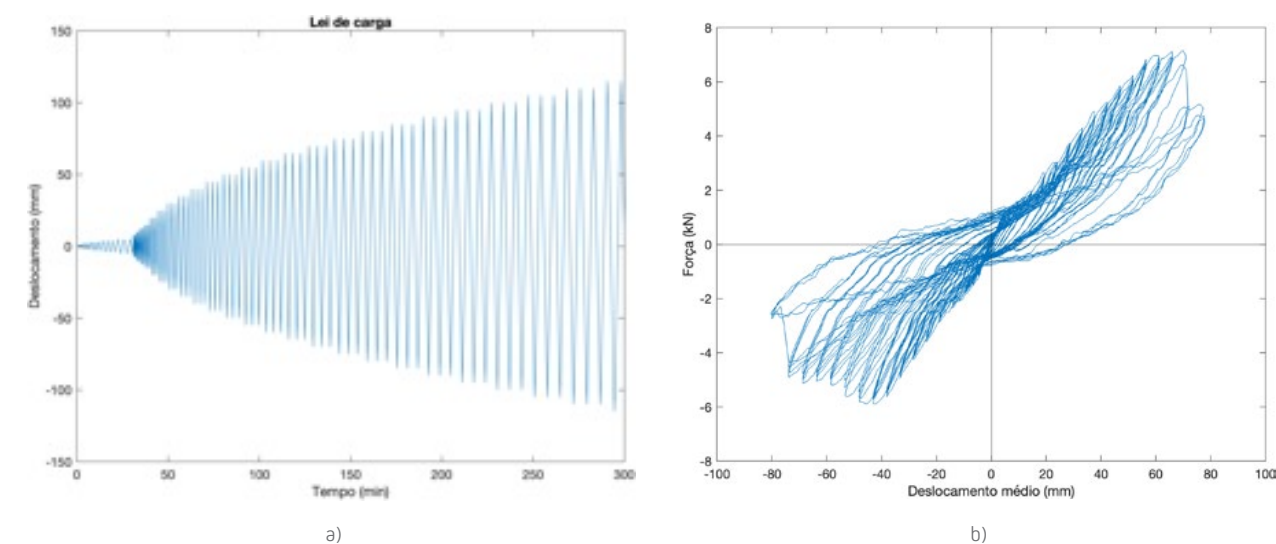


Figura 4: a) Lei de carga utilizada e b) diagrama histerético Força (kN) x deslocamento médio (mm) no topo da parede 1

4 CONCLUSÃO

O processo de fabricação dos tijolos e construção dos painéis podem ser realizados sem emprego de energia elétrica, revelando-se uma vantagem importante em situações críticas. Também foi possível obter tijolos e argamassas de elevada resistência empregando processos manuais de dosagem, mistura e fabricação, sendo que a interação da argamassa de solo-cimento com armaduras foi considerada adequada para mobilizar o aço a deformações elevadas.

O 1º painel estudado apresentou bom comportamento cíclico ao corte para fora do plano, suportando elevados deslocamentos da ordem de ± 80 mm no topo, sem apresentar deslocamentos na base e danos considerados críticos. As forças horizontais máximas no topo foram cerca de 8kN (deslocamentos positivos do atuador) e 6,3kN (deslocamentos negativos do atuador), sendo que as frequências obtidas no plano e para fora do plano se encontram dentro da faixa esperada.

O plano experimental do Projeto SHS-Multirisco prossegue em forte atividade, por meio da parceria UFRJ-UA.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Departamento de Construção Civil da Escola Politécnica da UFRJ, Departamento de Engenharia Civil da UA, empresa Vagoirntes LDA, e equipe do Projeto SHS, especialmente aos professores da UFRJ Gustavo Vaz, Fernando Danziger, Graziella Jannuzzi, Assed Haddad e Eduardo Qualharini, que contribuíram para esta fase do projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] Le Maoult, A., Politopoulos, I., Atanasiu, G.M. et al. (2010). EFAST project (Design Study of a European Facility for Advanced Seismic Testing). 1st-year EFAST annual report. 220 p. DOI 10.2788/88632
- [2] Yi, H., Yang, J. (2014). Research Trends of Post Disaster Reconstruction: The Past and The Future. *Habitat International*, 42, 21-29. DOI: 10.1016/j.habitatint.2013.10.005
- [3] United Nations Development Programme, International Recovery Platform. (2010), Guidance Note Recovery: Shelter. [Internet]. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/guidance-note-recovery-shelter>
- [4] Di Gregorio, L., Guimarães, G., Tenório, M. et al. (2020). The Potential of CEB Reinforced Masonry Technology for (Re)construction in the Context of Disasters. *Materials*, 13(17). DOI: 10.3390/ma13173861.
- [5] SHS Solução Habitacional Simples [Internet]. 2018. Available from: <https://shs.poli.ufrj.br/> [Accessed: 2022-05-18].
- [6] SHS Solução Habitacional Simples – Aulas em Português BR [Internet]. 2018b. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=QEYOZaOz8AY&list=PL515-FzRssVNGAsgrQNgU3LCId3DGtrY> [Accessed: 2020-10-24].
- [7] UNDRR - United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030.
- [8] Santos, R.L.R. Orçamento, planejamento e gerenciamento de obras de residências de baixo custo em regime de mutirão: caso de estudo do Projeto Solução Habitacional Simples. Undergraduate Monograph in Civil Engineering, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.
- [9] Di Gregorio L.T. Proposta de ferramentas para gestão da recuperação habitacional pós-desastre no Brasil com foco na população atingida [doctoral thesis]. Niterói: Federal Fluminense University; 2013.
- [10] Silva J. M. Análise de viabilidade da metodologia “Solução Habitacional Simples” para realocação de áreas de risco de inundações do município de Barra Mansa/RJ [undergraduate monograph]. Rio de Janeiro: Federal University of Rio de Janeiro; 2019.
- [11] Alerte J. Proposta de (re)construção de casas populares em regime de mutirão como alternativa ao déficit habitacional do Haiti [undergraduate monograph]. Rio de Janeiro: Federal University of Rio de Janeiro; 2017.
- [12] Village Marie, Organização não governamental (internet). Available from <https://villagemarie.com/> [Accessed: 2022-05-18].
- [13] Gonçalves, F.S. Aspectos construtivos para residências de baixo custo sob a ação de ventos fortes [undergraduate monograph]. Rio de Janeiro: Federal University of Rio de Janeiro; 2018.
- [14] Tenório, M.C.U. (2019). Análise da viabilidade técnica da alvenaria estrutural em tijolos de solo-cimento para situações com cargas sísmicas: práticas construtivas e análise estrutural do projeto de solução habitacional simples. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia de graduação.
- [15] BS 5628-2. 2005. Code of practice for the use of masonry: Structural use of reinforced and prestressed masonry. Londres, 68p.
- [16] Benvenuti Junior M. P. Análise de Sistemas de Fundações Visando à Mitigação de Danos Causados por Sismos: Caso de Estudo Projeto Solução Habitacional Simples (SHS) [Undergraduate monograph]. Rio de Janeiro: Federal University of Rio de Janeiro; 2020.
- [17] NBR 8491. 2012, Tijolo maciço de solo-cimento. Rio de Janeiro, 4p.
- [18] NBR 8492. 2012, Tijolo maciço de solo-cimento- Determinação da resistência à compressão e da absorção d'água. Rio de Janeiro, 5p.
- [19] CEN. “EN 1015-11: 1999: Methods of test for mortar for masonry – Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar.” European Committee for Standardization, Brussels., 1999.
- [20] B. Standard, “BS EN 12504-1:2009 British Standard Testing concrete in structures — Part 1: Cored specimens — Taking, examining and testing in compression.” 2009.
- [21] CEN. “Ensaio Betão Endurecido - Parte 3: Resistência à compressão de provetes (NP EN 12390-3: 2009).” European Committee for Standardization, p. 21, 2009.
- [22] CEN. “NP EN 12390-13: 2014 Ensaio do betão endurecido. Parte 13: determinação do módulo de elasticidade secante à compressão.” 2014.