INFLUÊNCIA DO TIPO DE MATERIAL E DA APLICAÇÃO DA JUNTA DE ASSENTAMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PRISMAS COM TIJOLOS DE SOLO CIMENTO

Influence of the type of material and application of the laying joint on the compressive strength of prisms with soil cement bricks

Fernanda Assunção Valim
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | feravalim@gmail.com

Juliano dos Santos Becho
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | julianobecho@dees.ufmg.br

Samuel Henrique Giarola de Oliveira
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | samuelhenriquegiarola@gmail.com

Lucas Ribeiro dos Santos
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | lucas@dees.ufmg.br

Ana Paula Goncalves Araujo
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | anapaulagaufmg@gmail.com

Rodrigo Barreto Caldas
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | caldas@dees.ufmg.br

Edgar Mantilla Carrasco
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | mantilla.carrasco@gmail.com

White José dos Santos
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | white.santos@demc.ufmg.br

Resumo

As alvenarias com tijolos de solo cimento são uma alternativa interessante devido a reduzido impacto ambiental. Todavia o uso dos tijolos modulares encaixados e sem junta de assentamento geram baixa capacidade resistente nestes sistemas de paredes portantes. Assim, é necessário maior compreensão do efeito das juntas finas nestas alvenarias. O objetivo deste trabalho foi investigar influência do tipo de material e da aplicação da junta de assentamento na resistência à compressão de prismas com tijolos de solo cimento. Para isto, avaliou-se a resistências a compressão de prismas confeccionados com três juntas de materiais diferentes (argamassa polimérica, argamassa colante, e cola acrílica - Tijofix) e dois tipo de aplicação (contínua ou descontinua). Constatou-se que junta não uniforme reduz em mais de 50% a resistência à compressão e que a presença de junta com argamassa colante e/ou polimérica tende a maximizar a capacidade resistente das alvenarias com tijolo de solo cimento.

Palavras-chave: Tijolo de solo cimento; Junta de assentamento; Resistência à compressão de alvenarias; Alvenaria Estrutural.

ABSTRACT

Masonry with soil cement bricks is an interesting alternative due to its reduced environmental impact. However, the use of modular bricks fitted together and without laying joints generates low resistance capacity in these load-bearing wall systems. Therefore, it is necessary to better understand the effect of thin joints in this masonry. The objective of this study was to investigate the influence of the type of material and application of the laying joint on the compressive strength of prisms with soil cement bricks. For this, the compressive strength of prisms made with three joints of different materials (polymeric mortar, adhesive mortar, and acrylic glue - Tijofix) and two types of application (continuous or discontinuous) was evaluated. It was found that non-uniform joints reduce the compressive strength by more than 50% and that the presence of adhesive and/or polymeric mortar joints tends to maximize the resistance capacity of masonry with soil cement bricks.

Keywords: Soil cement brick; Laying joint, Compressive strength of masonry; Structural masonry.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia de tijolos prensados de solo-cimento, configura uma forma de minimizar custos construtivos e a degradação da natureza (SEGANTINI, WADA, 2011; UCHIMURA, 2006; ROSA, SANTOS, 2013). É uma tecnologia interessante por usar o solo que é um material construtivo abundante, de fácil obtenção e baixo custo. Pode ser reaproveitado no próprio canteiro de obra, reduzindo os gastos com transporte. Possui ainda, pequeno consumo energético na extração da matéria prima e dispensa os processos de queima (SEGANTINI, WADA, 2011; UCHIMURA, 2006; ROSA, SANTOS, 2013).

Atualmente, a norma brasileira (NBR 8491, ABNT 2012) classifica esses tijolos apenas como alvenaria de vedação, porém na prática são muito utilizados em edificações que não contemplam pilares e vigas, cuja finalidade é de receber e transferir os esforços da edificação até a fundação e posteriormente ao solo. Nesses casos, as paredes são classificadas como estruturais e cumprem com a finalidade resistiva da edificação. As normas de projeto de alvenaria estrutural (NBR 16868-1, 2020; EN 1996, 2005; ASTM C1314, 2023, IS 1905, 1987; CSA S304, 2014; AS3700, 2017) estabelecem dois métodos para determinação de suas propriedades mecânicas, sendo eles: modelos matemáticos fundamentados nas características mecânicas dos componentes, unidade, argamassa e graute, quando houver, analisados individualmente; e ensaios experimentais do conjunto dos componentes que formam a alvenaria (NALON *et al.,* 2021). Desta forma, se faz necessária uma melhor compreensão do comportamento mecânico destes tijolos e da junta que melhor se adequa a esse material, para permitir o desenvolvimento de normas mais eficientes e adequadas a realidade deste sistema construtivo.

Para o desenvolvimento correto do projeto estrutural em alvenaria é necessário o conhecimento do comportamento do conjunto unidade-argamassa de diferentes classes constitutivas, resistivas e em condições diversas. A combinação de tijolos e argamassa com diferentes características modifica significativamente o comportamento mecânico da alvenaria (FORTES, *et al.,* 2017). A maioria dos estudos com tijolos de solo cimento avaliam juntas secas (sem junta). Não foram encontradas, estudos do comportamento mecânico, quanto a resistência à compressão, da alvenaria estrutural de tijolos modulares de solo-cimento, utilizando ensaios de prismas em função da variação tipo de material e forma de aplicação da junta de assentamento não foram encontradas.

Diante disto, este trabalho avalia a influência do tipo de material de junta de assentamento (argamassa polimérica, argamassa colante, e cola acrílica -Tijofix) e o tipo de aplicação (contínua ou descontinua) em função da resistência à compressão de prismas com tijolos de solo cimento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios experimentais da presente pesquisa foram realizados com tijolos modulares de solo-cimento em conformidade com a norma alemã DIN 18945 (NABau, 2018) e a NBR 10833 (ABNT, 2012b), e com dimensões externas próximas à 7,0 x 12,5 x 25,0 cm (dados do fornecedor) e em concordância com NBR 8491 (ABNT, 2012a). Os tijolos foram produzidos por uma empresa de Belo Horizonte – Minas Gerais, com experiencia na produção de tijolos ecológicos.

Os materiais utilizados para o assentamento dos blocos, nos ensaios dos prismas, foram adquiridos comercialmente. A argamassa colante foi a argamassa Cimentcola flexível tipo AC III da marca Quartzolit, conforme NBR 14081-1 (ABNT, 2012c). Optou-se pela argamassa colante AC III em função do seu alto poder de aderência, alta flexibilidade, resistência a altas temperaturas e água, sendo indicada para ambiente agressivos e em contato com intemperes. A cola acrílica (Tijofix) que é muito utilizada no método construtivo com tijolos modulares de solo cimento. Já a argamassa polimérica escolheu-se a argamassa polimérica Dundun, em conformidade com a NBR 16541-1 (ABNT, 2017).

Foram realizados ensaios de análise dimensional, absorção de água e resistência à compressão dos tijolos utilizados para a fabricação dos prismas, de acordo com a NBR 8491 (ABNT, 2012a). Os prismas foram fabricados com a sobreposição de 4 tijolos, íntegros e sem defeitos, por meio de juntas de assentamento horizontais. As aplicações das juntas foram feitas em filetes, dois filetes longitudinais no caso das argamassas colante e polimérica e 2 filetes transversais em cola acrílica, simulando a forma de aplicação convencional de cada um dos materiais na construção civil (Figura 1), todos aplicados com bisnaga. E aplicação uniforme, em toda face dos tijolos, de acordo com a NBR 16868-3 (ABNT, 2020). Todas as juntas foram feitas de forma a

não ultrapassar a espessura de 3 mm. Foram confeccionados seis prismas, para cada tipo de junta de assentamento. Os prismas foram capeados com pasta cimento nas faces superior e inferior, em toda sua área líquida, e então posicionados de forma tal que ficassem centralizados na prensa de ensaio. A velocidade da aplicação do carregamento foi de 0,05 ± 0,01 MPa/s, conforme a normativa NBR 12118 (ABNT, 2013), aplicada de forma constante e ininterrupta até a ruptura do corpo de prova.

Figura 1: Método de aplicação dos filetes para cada um dos materiais utilizados na junta de assentamento.



Fonte: Autor (2025).

3 RESULTADOS E ANÁLISES

A absorção média de água foi de 16,47±0,49% para os tijolos de solo cimento. Esse resultado está dentro do limite máximo de 20% estabelecido pela NBR 8492 (ABNT, 2012) em relação à absorção de água. Nenhum dos tijolos apresentou absorção individual acima de 22%. A resistência média do tijolo de solo cimento foi de 6,92±0,51 MPa, e da argamassa colante de 11,36±0,98 MPa. Não foi possível até o momento ensaiar a argamassa polimérica e a cola acrílica quanto as suas propriedades mecânicas. Os resultados são compatíveis a outras pesquisas como Miranda *et al*., (2017), Jabri *et al*. (2022) e Triputa; Kasinkota (2023) para tijolos com características semelhantes, 7,00 MPa, 5,50 MPa e 5,67 MPa, respectivamente. Percebe-se com isto, se tratar de um material de boa qualidade para uso na construção civil.

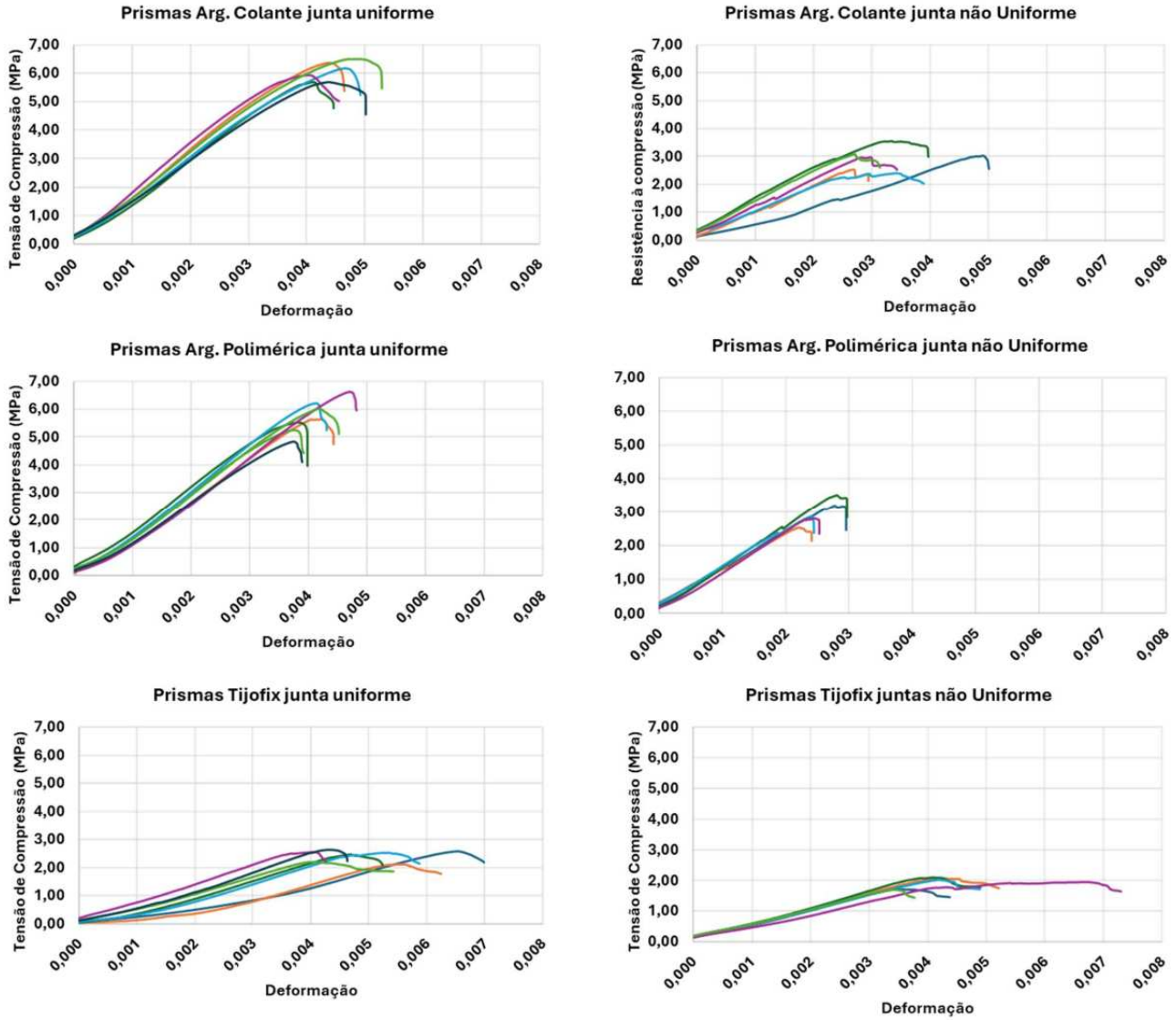
Constata-se na Figura 2 e Tabela 1 que existem uma redução expressiva (21,08% com Tijofix, 51,81 % com Argamassa colante e 47,85 % com argamassa polimérica) ao se trocar uma junta de assentamento toda preenchida (uniforme) por uma com dois filetes de argamassa (não uniforme). É importante destaca ainda que o material da junta também influência nestes parâmetros sendo que a junta com filetes variou menos (1,92 MPa com Tijofix, 2,92 MPa com Argamassa colante e 2,98 MPa com argamassa polimérica – variação máxima de 35,56%), enquanto a junta uniforme apresentou uma variação muito maior, sendo que a argamassa colante mais que dobrou (249%) a resistência a compressão em relação ao Tijofix

Tabela 1: Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa

Material	Junta Uniforme (MPa)	Fator de eficiência Prisma/Tijolo (%)	Junta não uniforme (MPa)	Fator de eficiência Prisma/Tijolo (%)
Tijofix	2,44±0,20	35,20	1,92±0,17	27,78
Argamassa polimerica	5,72±0,61	82,66	2,98±0,38	43,11
Argamassa Colante	6,06±0,31	87,56	2,92±0,41	42,20

Percebe-se que o comportamento mecânico dos prismas foi afetado não apenas pela disposição da junta de assentamento, mas também pelo tipo do material utilizado. No caso do uso de argamassa colante, constatou-se uma redução expressiva da deformação média dos prismas com junta uniformes, 0,0050, para os prismas com juntas dispostas em dois filetes, 0,0030. Uma redução de 32,68%. Já a argamassa polimérica apresentou uma deformação média de 0,0041 (18,15% menor que a junta com argamassa colante), todavia a variação em relação a junta não uniforme foi próxima ao da argamassa colante (31,97%). Comportamento distinto do Tijofix cujo as deformações foram próximas dos prismas de argamassa colante com junta uniforme (0,0049), contudo a deformação da junta não uniforme foi muito maior (0,0044).

Figura 2: Resistência à compressão *versus* deformação dos prismas investigados.



Fonte: Autor (2025).

Constata-se que o uso do Tijofix e da argamassa colante deixou a ruptura menos frágil quando comparada a argamassa polimérica, observado devido a elevação das deformações antes da ruptura (Figura 3).

Figura 3: ruptura dos prismas com diferentes juntas de assentamento.



Fonte: Autor (2025).

A cola acrílica aderiu bem a superfície dos tijolos e mesmo após as primeiras fissuras ainda suportou mais algumas cargas. Todavia, devido a maior proximidade entra as unidades de tijolos de solo cimento, devido a junta ser muito fina (décimos de milímetro), ocorreram concentrações de cargas nas imperfeições na superfície dos tijolos reduzindo expressivamente a carga final. No valor de 59,80% quando comparada a argamassa colante com junta uniforme e 34,18% com junta não uniforme.

Quando se compara as juntas com argamassa polimérica e argamassa colante, percebe-se pouca diferença, seja entre as junta uniformes (5,93%) quanto pela junta não uniforme (2,10%). Acredita-se que a junta mesmo que fina (aproximadamente 3 mm) permitiu maior acomodação do tijolo, reduzindo a contração de cargas. Estas juntas possuem elevada resistência a tração devido aos aditivos poliméricos presentes na sua composição que podem ter maximizado a capacidade resistentes dos prismas. O efeito de confinamento nas juntas de argamassa possivelmente aumentou a capacidade resistente da argamassa em relação ao tijolo. Este efeito é perdido com a redução da uniformidade da junta convergindo para redução na casa dos 50% com uso de juntas não uniformes.

Os resultados com argamassa colante foram maiores que os resultados observados por Assis *et al.* (2024), que encontrou 3,26 MPa para uma junta de 8 mm (preenchimento uniforme). Assim, constatou-se que a redução da junta para 3 mm maximizou os valores da resistência do prisma (6,06 MPa) demonstrando que o ponto ótimo da espessura da junta de assentamento confeccionada com argamassa colante deve estar próximo a junta mais fina. Assis *et al.* (2024) também encontrou uma resistência à compressão de 2,84 MPa para prismas confeccionados com argamassa convencional, com juntas de 1 cm, conforme NBR 16868-1 (ABNT, 2020). Demonstrando que, as juntas finas contribuem para um aumento significativo da resistência à compressão da alvenaria confeccionada com tijolos de solo cimento, sendo mais indicadas para esse tipo de alvenaria.

O fator de eficiência também varia significativamente (Tabela 1), demonstrando que o uso do Tijofix tendeu a reduzir mais expressivamente a eficiência da alvenaria enquanto o uso de argamassa colante e/ou polimérica com juntas uniformes apresentaram comportamento similar as indicações normativas – 85% (ABNT, 2020) para tijolos estruturais de concreto e cerâmica.

Destaca-se ainda o processo de ruptura, que de forma geral, ocorreu por tração nos tijolos com fissuras verticais. Todavia tem uma alteração de uma única fissura se propagando nos prismas com juntas uniformes passando para múltiplas fissuras quando as juntas não uniformes. Além disto, o Tijofix gera várias pequenas fissuras antes de romper, enquanto nas demais, percebe-se um aumento da rigidez do conjunto devido a solidarização/confinamento dos tijolos e permitindo a propagação de menos fissuras antes das rupturas.

Outro ponto a se destacar está associado ao custo da argamassa polimérica (R$6,67/kg) que é aproximadamente 3 vezes (297%) superior ao da argamassa colante (R$2,25/kg). Ressalta-se que neste trabalho se usou a ACIII que é mais cara das argamassas colantes. O processo de aplicação é outro fator preponderante. Os prismas com uso de argamassa colante foram construídos com muito mais facilidade do que a da argamassa polimérica que era menos plasticidade, com elevada coesão e baixa trabalhabilidade.

4 CONCLUSÕES

Fica evidenciado que o uso de junta de assentamento é importante e maximiza a capacidade resistente dos elementos de alvenaria com tijolos de solo cimento devido ao efeito de distribuição dos esforços e de confinamento dos tijolos. A junta em torno de 3 mm tende a otimização da resistência à compressão dos prismas com argamassa colantes e se mostra eficiente com a argamassa polimérica. Todavia a junta fina com cola acrílica promove concentração de cargas devido as imperfeições dos tijolos reduzindo a resistência final.

O uso de juntas uniformes mais que dobra a resistência mecânica dos prismas em comparação as juntas com dois filetes. Isto ocorre devido a completo preenchimento do espaço entre os tijolos com materiais de elevada resistência mecânica. Além disto, o processo de ruptura tende a ficar com menos fissuras devido ao feito de melhor distribuição dos esforços ao longo da seção dos tijolos.

O uso de argamassa colantes tente a aumentar a resistência mecânica dos prismas, gerando poucas perdas em relação a resistência da unidade. Destaca-se ainda o efeito de reduzir custos e maximizar o processo de construção, se mostrando a alternativa mais interessantes (neste estudo) para os tijolos de solo cimento.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da UFMG, pelo essencial suporte na concepção e concretização deste estudo. Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - processos 304596/2022-1 e 409493/2023-6), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTIN MATERIALS. **ASTM C1314-23**: Standard Test for Compressive Strength of Masonry Prisms. In: Annual Book of ASTM Standards. United States: ASTM, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8491**: Tijolos de solo-cimento – Requisitos. Rio de Janeiro, 2012a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8492**: Tijolo de solo cimento. Rio de Janeiro, 2012b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10833**: Fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14081-1**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16590-1**: Composto polimérico para assentamento de alvenaria de vedação – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16868-1**: Alvenaria estrutural – Parte 1 – Projeto. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

ASSIS, F. L. C.; VALIM, F. A.; OLIVEIRA, S. H. G.; SANTOS, L. R.; SANTOS, W. J. dos. Influence of the type of laying joint on the mechanical behavior of prisms made with ecological bricks. **Revista de gestão social e ambiental**, 18(8), 2024. e08417. https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n8-155

AUSTRALIAN STANDARD. **AS 3700**: Masonry structures. Sydney, 2017.

BRITISH STANDARD INSTITUITION. **EN 1996-1-1**. Eurocode 6 – Design of masonry structures – Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures. English Version, 2005.

BUREAU OF INDIAN STANDARDS. **IS 1905**: Code of practice for structural use of unreinforced masonry. New Delhi, 1987.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. **S304-14**: Design of masonry structures. Ontario, 2013.

DEUTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG E.V. **DIN EN 18945**: Earth blocks – Terms and definitions, requirements, test methods. NABau: Berlin, 2018.

FORTES, E. S. et al. Resistência a compressão da alvenaria estrutural com blocos de concreto de alta resistência. **IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 10, nov. 2017.

JABRI, K. A. Structural and thermal performance of sustainable interlocking compressed earth blocks masonry units made with produced water from oilfields. **Case Studies in Construction Materials,** v. 17, e01186, dec 2022.

MIRANDA, T., et al. ICEBs stabilised with alkali-activated fly ash as a renewed approach for green building: Exploitation of the masonry mechanical performance. **Construction and Building Materials**, v. 155, p. 65-78, 30 nov. 2017.

NALON, et al. Review of recent progress on the compressive behavior of masonry prisms. **Construction and Building Materials**, v. 320, n 126181, 21 fev. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126181.

ROSA, M. A., SANTOS, A. C. S. Determinação de traço, com o solo da região de Cascavel-PR, para tijolos em solo-cimento. **Revista Varia Scientia Agrárias**, vol. 3. n. 1, p. 25-41. Jan-jul, 2013.

SEGANTINI, A. A. S., WADA, P. H. Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. **Acta Scientiarum - Technology**. Vol. 33, nº2, p.179-183. Maringá, 2011.

TRIPURA, D., KASINIKOTA, P. Axial load behavior of unreinforced and reinforced hollow interlocking compressed stabilized earth block masonry walls. **Construction and Building Materials**, v.407, 01 dez. 2023.

UCHIMURA, M. S. BRT: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. **Dossiê técnico: solo-cimento**. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR. Edição atualizada em novembro 2021.