INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS SOBRE O COMPORTAMENTO MECÂNICO DE TIJOLOS À BASE DE TERRA NO ESTADO SATURADO: REVISÃO

Influence of waste incorporation on the mechanical behavior of earth-based bricks in saturation state: review

Jordane Gabriele Santos Alves
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | jgsa@ufmg.br

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

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

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

Resumo

A construção civil, devido ao seu impacto ambiental significativo, tem um papel crucial na adoção de práticas sustentáveis. Nesse contexto, a pesquisa sobre o uso de resíduos na produção de tijolos de terra, visando otimizar seu desempenho mecânico, é de grande relevância. Estudos têm demonstrado que a adição de resíduos naturais ou industriais em tijolos de terra pode melhorar seu desempenho geral, oferecendo uma alternativa mais sustentável e econômica em comparação com os tijolos convencionais. Essa prática contribui para a redução do descarte de resíduos e do consumo de recursos naturais. Apesar dos avanços, ainda há uma lacuna de pesquisa em relação à incorporação de resíduos industriais em tijolos de terra e à influência da umidade em seu comportamento mecânico. A presente revisão bibliográfica busca analisar estudos sobre os efeitos da incorporação de resíduos de diversas origens na resistência mecânica de tijolos de terra, especialmente em condições de saturação.

Palavras-chave: Tijolos de terra; Resíduos; Resistência à compressão; Estado saturado.

ABSTRACT

The construction industry, due to its significant environmental impact, has a crucial role to play in adopting sustainable practices. In this context, research on the use of waste in the production of earthen bricks, aiming to optimize their mechanical performance, is of great relevance. Studies have shown that the addition of natural or industrial waste to earthen bricks can improve their overall performance, offering a more sustainable and economical alternative compared to conventional bricks. This practice contributes to the reduction of waste disposal and the consumption of natural resources. Despite the advances, there is still a research gap regarding the incorporation of industrial waste in earthen bricks and the influence of humidity on their mechanical behavior. The present literature review seeks to analyze studies on the effects of incorporating waste of various origins on the mechanical resistance of earthen bricks, especially under saturation conditions.

Keywords: Earth bricks; Waste; Compressive strength; Saturation state.

1 INTRODUÇÃO

A significativa contribuição da construção civil para o agravamento dos danos ambientais torna este setor um dos maiores responsáveis pela implementação de medidas de sustentabilidade. Neste contexto, estudos sobre o uso de resíduos para otimização do desempenho mecânico de elementos construtivos à base de terra, particularmente quando saturados, mostram-se relevantes, pois estes representam uma alternativa mais sustentável quando comparados aos tijolos cerâmicos convencionais (Gupta *et al*., 2020).

A resistência dos tijolos de terra é largamente afetada pela quantidade de argila presente no solo utilizado (Rayeesulhaq *et al*., 2024) uma vez que minerais argilosos exibem características propícias à absorção de água (Nehdi, 2014). Embora desempenhe um importante papel na coesão desses materiais, a umidade também pode diminuir sua resistência (Bui *et al*., 2014). Por incluírem maiores quantidades de argila, os tijolos de terra podem perder até 55% de sua resistência à compressão no estado saturado (Rayeesulhaq *et al*., 2024). Estes estudos mostram que materiais porosos como os tijolos de terra, exibem uma capacidade relevante para armazenar e liberar vapor de água, o que mantém estável a umidade relativa interna das edificações (Zhang *et al.*, 2020). No entanto, a absorção de água é a principal causa da deterioração e da redução da resistência à compressão desses materiais (Fezzioui *et al*., 2021). Chaibeddra e Kharchi (2018) demonstraram que tijolos de terra mesmo estabilizados com 10% de cimento e submetidos a 24 horas de imersão em água podem ter sua resistência à compressão reduzida em até 50% em comparação a tijolos secos.

A crescente conscientização sobre as questões ambientais tem resultado em um aumento significativo de estudos a respeito da utilização de resíduos, sobretudo na construção civil (Dziecioł; Szlachetka, 2024). Para reduzir o teor de argila no solo, pesquisadores têm investigado os efeitos da adição de resíduos naturais ou de resíduos industriais na produção de tijolos a base de terra (Kouamé *et al*., 2020; Malkanthi *et al*., 2021). Com abordagens mais ecológicas, pesquisadores têm investigado os efeitos da incorporação de diferentes tipos de resíduos a fim de melhorar as propriedades físicas e mecânicas dos tijolos de terra, sobretudo quando submetidos a condições de saturação (Al-Fakih *et al.*, 2019). Tais estudos indicam melhorarias no desempenho desses tijolos a um baixo custo e baixo impacto ambiental (Turco *et al*., 2021), o que representaria uma redução no descarte de resíduos e no consumo de recursos naturais, promovendo práticas construtivas mais sustentáveis.

Na recente literatura encontram-se trabalhos sobre o uso de resíduos orgânicos (Hany *et al.*, 2021; Kumar; Barbato, 2022; Labiad *et al.*, 2023; Rajurkar; Chitade, 2023; Paul *et al*., 2024; Malkanthi *et al*., 2024); de resíduos industriais (Akinyemi *et al.*, 2021; Brahim *et al*., 2022; AlAttar *et al.*, 2023; Kougoum *et al.*, 2023; Thennarasan Latha *et al.*, 2023); de rejeitos de mineração (Kumar *et al.*, 2017; Nagaraj; Shreyasvi, 2017) e de resíduos de construção e demolição (Kasinikota; Tripura, 2021; Malkanthi *et al.*, 2021; Raavi; Tripura, 2021; Aninda; Islam, 2023; Labiad *et al.*, 2023; Rajurkar; Chitade, 2023).

Assim, este artigo realiza um levantamento bibliográfico das principais pesquisas atuais sobre o uso de resíduos em tijolos de terra com foco em seu comportamento mecânico, sobretudo no estado saturado.

2 METODOLOGIA

Neste levantamento bibliográfico, buscou-se selecionar estudos relativos à influência da incorporação de resíduos diversos sobre a resistência à compressão de tijolos de terra, sobretudo no estado saturado. Para isso, "*earth block*", "*waste*", "*mechanical behavior*", "*wet compressive strength*", "*dry compressive strength*" e "*saturation*", foram empregados como palavras-chaves nas buscas, realizadas nos bancos de dados Periódicos CAPES, Google Acadêmico e *Science Direct*. Limitou-se a seleção das principais referências a um intervalo de dez anos de publicação, com exceção de trabalhos relevantes para a fundamentação teórica do tema.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

No Quadro 1 são apresentados os autores dos estudos selecionados, assim como os resíduos empregados, sua forma de utilização e o teor ótimo de adição ou de substituição desses resíduos. Ressalta-se que a seguinte numeração será usada nos gráficos e análises subsequentes.

Quadro 1: Estudos selecionados para revisão e análise de resultados

Autor(es)		Resíduo(s)	Utilização	Teor ótimo de adição/subst. do resíduo
[1]	KASSAHUN *et al.* (2019)	Palha de gramínea	Substituição (solo)	1,5% (3,5% cimento)
[2]	RAAVI; TRIPURA (2020)	Fibras de coco	Adição	1% (fibras de 25mm)
[3]	KASINIKOTA; TRIPURA (2021)	Tijolos cerâmicos triturados	Substituição (solo)	24%
[4]	ELAHI *et al.* (2021)	Cinzas volantes	Adição	30% (+ 10% cimento)
[5]	SOUNDARYA (2021)	Cinzas volantes	Substituição (solo)	10%
		Escória granulada de alto forno		
[6]	RAAVI; TRIPURA (2021)	Tijolos triturados	Substituição (solo)	20% / 30%
[7]	MALKANTHI *et al.* (2021)	RCD triturados	Substituição (solo)	5% (+ 10% cimento)
[8]	SINGH *et al.* (2021)	Cinzas de bagaço de cana; palha de trigo	Substituição (solo)	20%
[9]	KUMAR; BARBATO (2022)	Bagaço de cana-de-açúcar	Adição	0,5% (+ 12% cimento)
[10]	AJAYI *et al.* (2023)	Cinzas de casca de palmeira	Substituição (cimento)	2% (+ 8% cimento)
[11]	ANINDA; ISLAM (2023)	Pó de concreto	Substituição (solo)	20% (+ 8% cimento)
[12]	GANOU KOUNGANG *et al.* (2023)	Casca de coco; sementes de oliveira	Adição	0%
[13]	KIKI *et al.* (2023)	Palha de capim	Adição	0%
[14]	GANESH *et al.* (2023)	Escória granulada de alto forno	Substituição (solo)	30%
[15]	THENNARASAN LATHA *et al.* (2023)	Cinzas residuais de incineradores	Substituição (solo)	20% (+ 10% cimento)
[16]	LAATAR *et al.* (2023)	Fibras de tamareira	Substituição (solo)	0,5% (+ 12% cal)
[17]	CHANTIT *et al.* (2024)	Bagaço de cana-de-açúcar	Adição	0% (+ 10% melaço)
[18]	MALKANTHI *et al.* (2024)	Fibras de coco	Adição	0,3% (fibras de 6 cm)
[19]	PAUL *et al.* (2024)	Fibras de areca	Adição	3% (+ 8% cimento)
[20]	SADOURI *et al.* (2024)	Fibras de junco	Adição	0% (+ 12% cimento)

Dentre os tipos de resíduos utilizados, encontram-se resíduos orgânicos ([1], [2], [8], [9], [10], [12], [13], [16], [17], [18], [19] e [20]); resíduos industriais ([4], [5], [14] e [15]) e resíduos de construção e demolição ([3], [6], [7], [11] e [18]). Foram identificadas duas formas principais de uso dos resíduos: adição e substituição parcial do solo. Apenas em um dos estudos, o resíduo foi empregado como substituto parcial do cimento ([10]).

O teor ideal de adição ou de substituição de resíduos foi determinado com base na resistência à compressão das amostras no estado saturado. Em quatro estudos ([12], [13], [17] e [20]), não foi possível estabelecer um teor ótimo, pois a incorporação de resíduos levou à redução da resistência à compressão em comparação com as amostras de referência. As Figuras 1 e 2 apresentam os resultados de resistência à compressão de tijolos de terra, com diferentes teores de resíduos, nos estados seco e saturado, respectivamente. Em geral, a resistência à compressão aumenta com a adição de resíduos.

Figura 1: Resistência à compressão no estado seco, conforme o teor de resíduos.

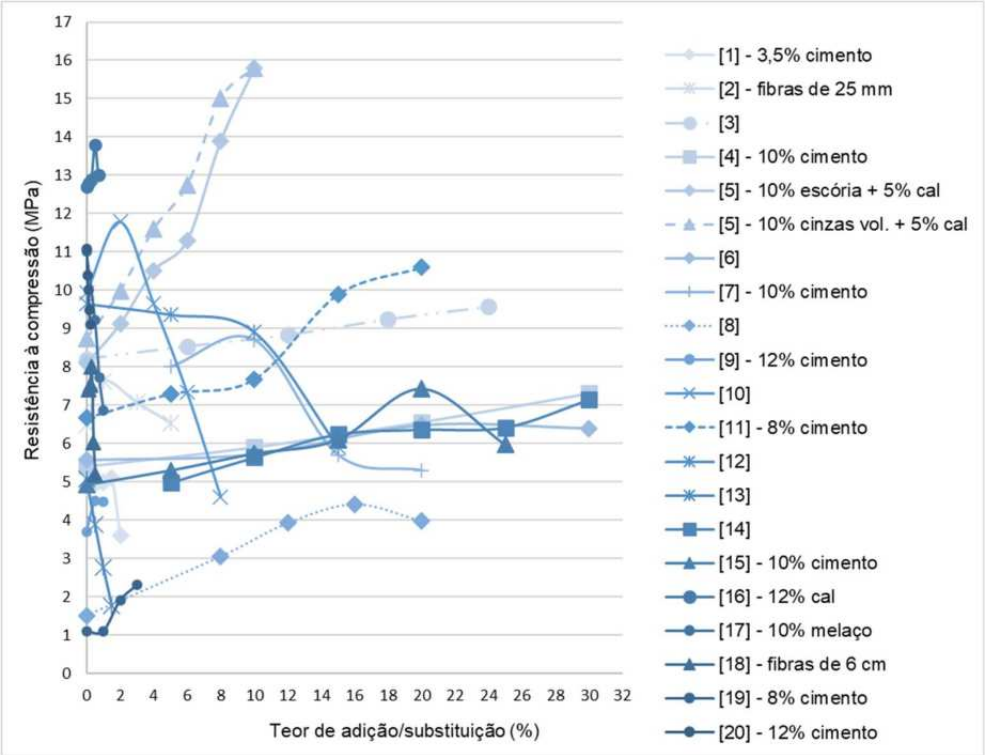
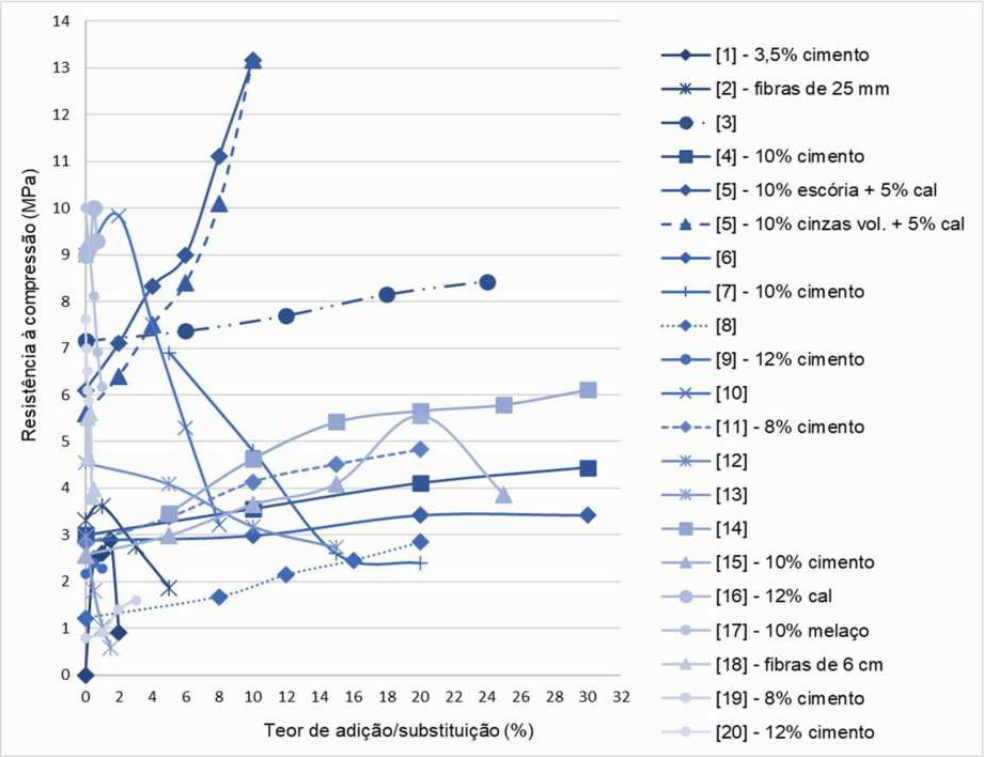
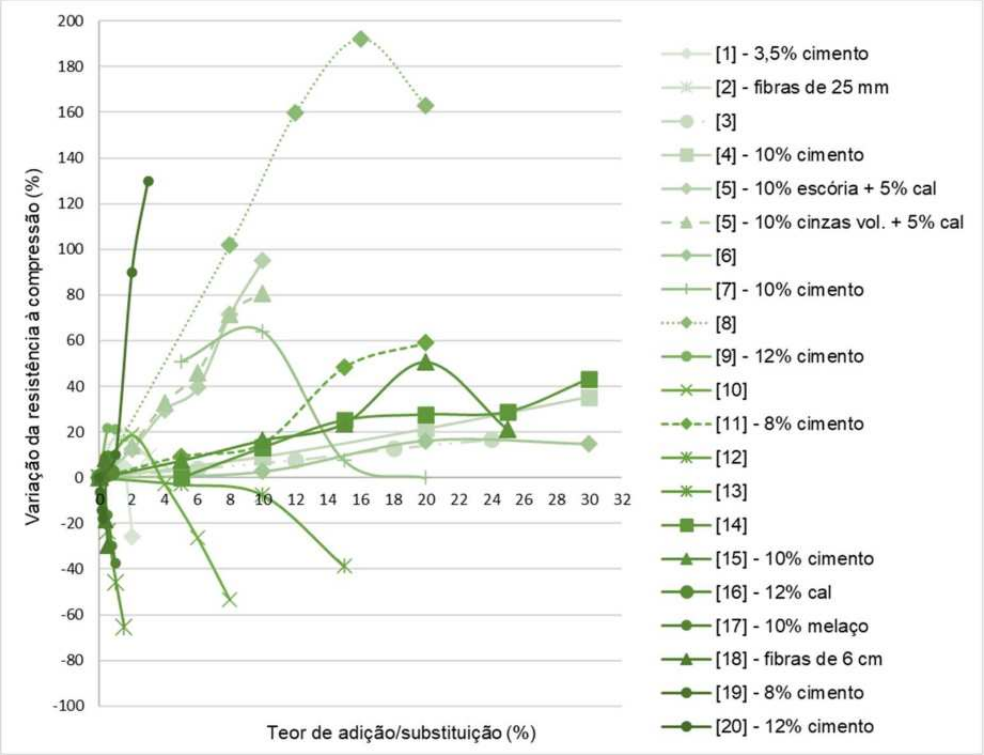


Figura 2: Resistência à compressão no estado saturado, conforme o teor de resíduos



A variação percentual da resistência em relação às amostras de referência (sem resíduos) é mostrada na Figura 3 (estado seco) e na Figura 4 (estado saturado), com a maioria dos estudos indicando um aumento na resistência à compressão das amostras, à medida que se incrementa o teor de resíduos.

Figura 3: Variação percentual da resistência à compressão no estado seco, conforme o teor de resíduos



Destacam-se os resultados de [8] que ao utilizarem cinzas de bagaço de cana-de-açúcar e palha de trigo como substitutos parciais do solo, relataram um aumento de 192% na resistência das amostras à compressão no estado seco e de 134% no estado saturado, com a adição de 20% de resíduos. A Figura 5 apresenta a

resistência à compressão das amostras nos estados seco e saturado, ao ser utilizado o teor ótimo de resíduos.

Figura 4: Variação percentual da resistência à compressão no estado saturado, conforme o teor de resíduos

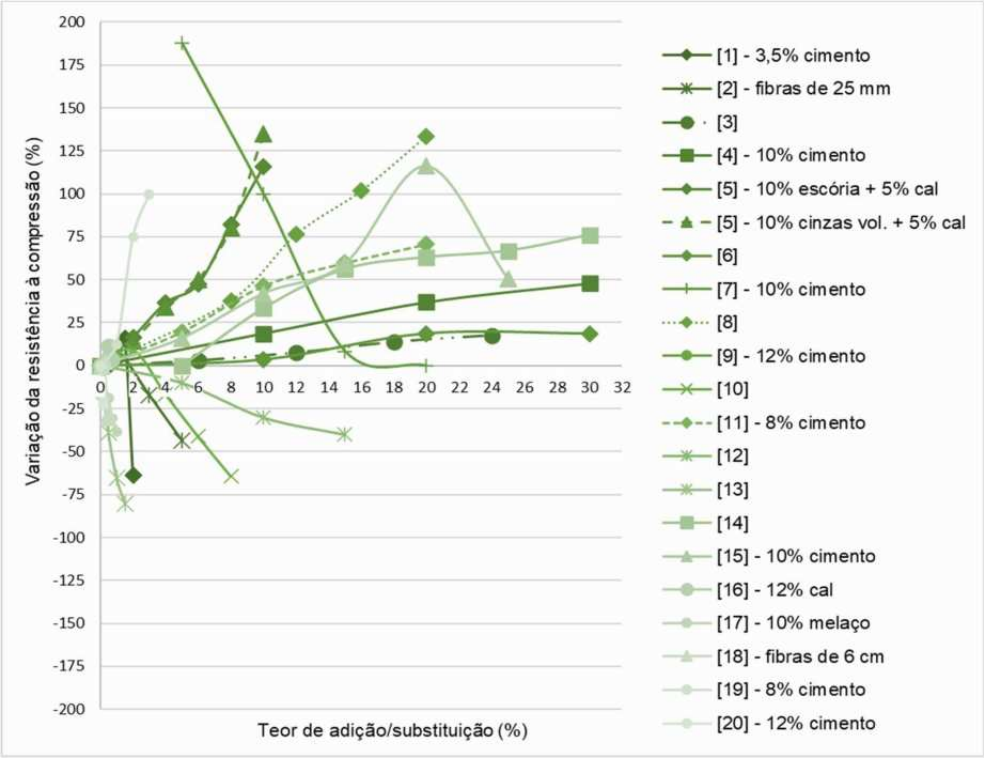
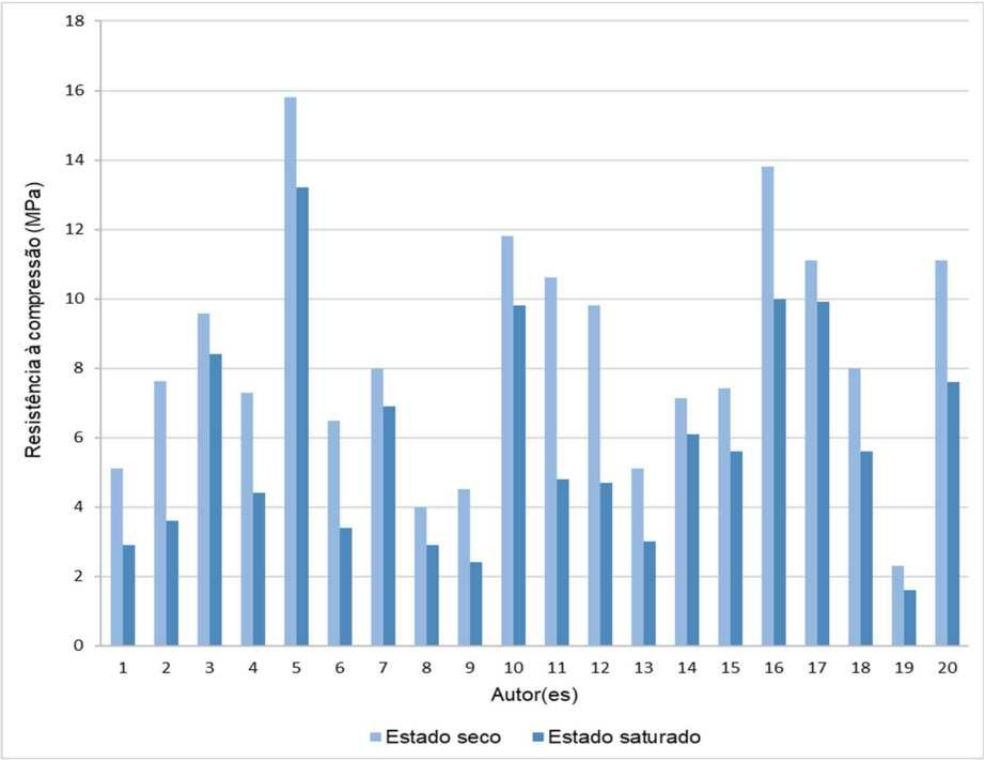
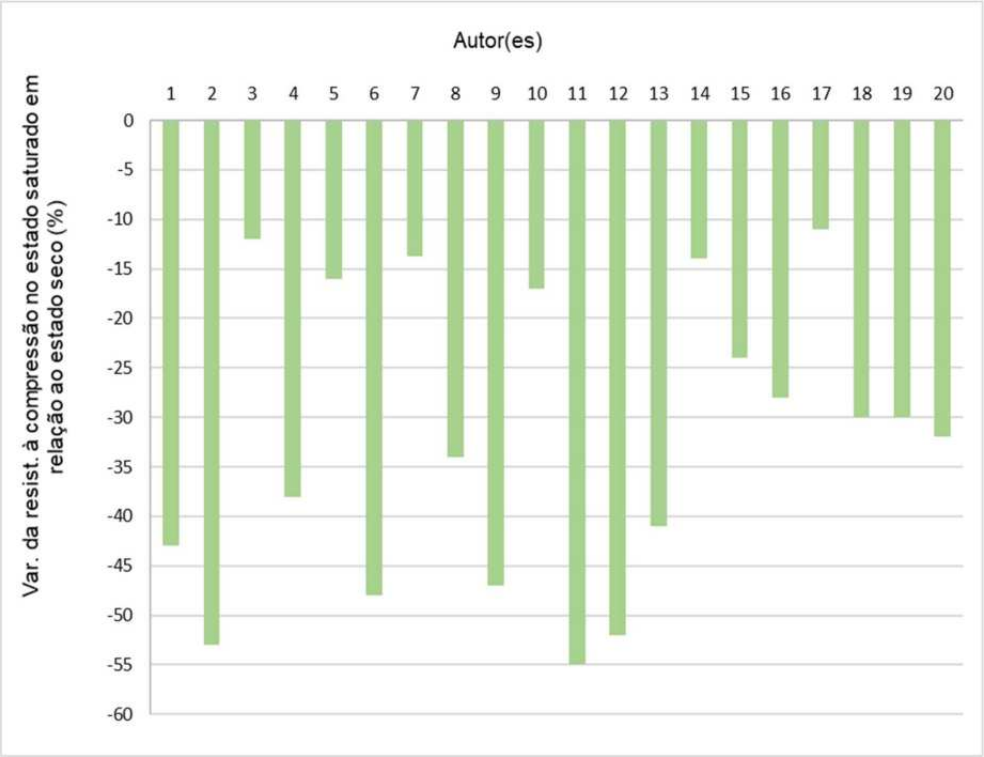


Figura 5: Resistência à compressão nos estados seco e saturado, conforme o teor ótimo de incorporação de resíduos



A Figura 6 mostra a diminuição percentual da resistência no estado saturado em relação ao seco. Constata-se que o uso de resíduos diminuiu a queda na resistência à compressão a parâmetros inferiores a 50%, no estado saturado. Estudos como os de [3], [5], [7], [10] e [14] mostram que a incorporação de diferentes resíduos resultou em uma diminuição de apenas 12% a 17% na resistência à compressão no estado saturado, evidenciando o efeito positivo dos resíduos no comportamento mecânico dos tijolos de terra.

Figura 6: Variação da resistência à compressão no estado saturado em relação à resistência no estado seco



Apesar dos resultados promissores, ainda existe uma lacuna de pesquisa associada à incorporação de resíduos em tijolos de terra (Gupta *et al*., 2020; Paula Junior *et al*., 2024), assim como a influência da umidade sobre o comportamento mecânico desses elementos. No caso de materiais vernaculares ou tradicionais, embora sejam reconhecidamente mais ecológicos devido à sua baixa demanda energética, atualmente não existem dados abrangentes e aprofundados sobre seu desempenho estrutural.

4 CONCLUSÃO

Diante da crescente preocupação com os impactos ambientais da construção civil, o desenvolvimento de soluções sustentáveis é fundamental. Estudos sobre a aplicação de resíduos na otimização de elementos construtivos de terra, particularmente em condições de umidade variável, destacam-se por apresentar uma opção mais sustentável em relação aos tijolos cerâmicos convencionais.

A revisão bibliográfica apresentada explora o potencial de diversos materiais residuais na fabricação de tijolos de terra, destacando os benefícios que sua incorporação pode proporcionar. Considerando que a umidade afeta significativamente o comportamento de elementos construtivos à base de terra, torna-se essencial investigar métodos para minimizar a deterioração de seu desempenho em ambientes com alta umidade ou saturação.

Os estudos selecionados revelam uma correlação positiva entre a adição de resíduos de diversas fontes e o aprimoramento do desempenho mecânico de tijolos de terra, particularmente em condições de saturação. Esses resultados representam um avanço promissor, demonstrando o potencial para tornar a construção civil uma prática mais sustentável.

5 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 - processos APQ-00584-21 e APQ-00062-22) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AJAYI, A.; COKER, A.; OLUWOYE, J. Comparative analysis of dry and wet compressive strength ratios in cement-palm kernel shell ash stabilized earth blocks. **International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science**, v. 5, n. 12, p. 6, dez. 2023. Disponível em: https://www.irjmets.com/uploadedfiles/paper//issue_12_december_2023/47718/final/fin_irjmets1703655752.pdf. Acesso em: 12 fev. 2025.

AKINYEMI, B. A.; OROGBADE, B. O.; OKORO, C. W. The potential of calcium carbide waste and termite mound soil as materials in the production of unfired clay bricks. **Journal of Cleaner Production**, v. 279, 10 jan. 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620337380. Acesso em: 12 fev. 2025.

ALATTAR, M.; SADEK, D.; AYOUB, S. Recycling of Industrial and Agricultural Wastes in Compressed Stabilized Earth Blocks for Sustainable Development. **International Journal of Advanced Engineering and Business Sciences**, v. 4, n. 2, p. 199, 1 jun. 2023. Disponível em: https://ijaebs.journals.ekb.eg/article_309266.html. Acesso em: 12 fev. 2025.

AL-FAKIH, A. *et al*. Incorporation of waste materials in the manufacture of masonry bricks: An update review. **Journal of Building Engineering**, v. 21, p. 37–54, 2019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710218302031. Acesso em: 12 fev. 2025.

ANINDA, S. S.; ISLAM, M. S. Effectiveness of waste concrete powder in fabricating compressed stabilized earth blocks: Strength, durability and thermal assessment. **Journal of Building Engineering**, v. 80, 1 dez. 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710223021691. Acesso em: 12 fev. 2025.

BRAHIM, M. *et al*. Valorization of Dredged Sediments in Manufacturing Compressed Earth Blocks Stabilized by Alkali-Activated Fly Ash Binder. **Buildings**, v. 12, n. 4, 1 abr. 2022. Disponível em: https://www.mdpi.com/2075-5309/12/4/419. Acesso em: 12 fev. 2025.

CHAIBEDDRA, S.; KHARCHI, F. Contribution to the study of the impact of sulphates, temperature and humidity on the behaviour of compressed stabilized earth blocks CSEB. **International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development**, v. 9, n. 4, p. 222-238, 2018. Disponível em: https://www.sbt-durabi.org/articles/article/ARQN/. Acesso em: 12 fev. 2025.

CHANTIT, F.; ABBASSI, F. E. EL; KCHIKACH, A. Performance of compressed earth bricks reinforced with sugar industrial by-products bagasse and molasse: Mechanical, physical and durability properties. **Journal of Building Engineering**, v. 90, 1 ago. 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710224009719. Acesso em: 12 fev. 2025.

DZIĘCIOŁ, J.; SZLACHETKA, O. Waste or raw material? Perlite concrete as part of a sustainable materials management process in the construction sector. **Sustainability**, v. 16, n. 16, p. 6818, 9 ago. 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/16/16/6818. Acesso em: 12 fev. 2025.

ELAHI, T. E.; SHAHRIAR, A. R.; ISLAM, M. S. Engineering characteristics of compressed earth blocks stabilized with cement and fly ash. **Construction and Building Materials**, v. 277, 29 mar. 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821001276. Acesso em: 12 fev. 2025.

FERNANDES, J. *et al*. Life cycle analysis of environmental impacts of earthen materials in the Portuguese context: Rammed earth and compressed earth blocks. **Journal of Cleaner Production**, v. 241, 20 dez. 2019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619331567. Acesso em: 12 fev. 2025.

FEZZIOUI, N.; MILOUDI, Y.; ROULET, C.-A. Contribution of compressed stabilized earth bricks (CSEB) to the control of indoor air quality in buildings: case study of Algeria. **Revista Romana de Inginerie Civila/Romanian Journal of Civil Engineering**, v. 12, n. 1, p. 60–76, 1 mar. 2021. Disponível em: https://rric.ro/reviste/articole/vol12nr1art6.pdf. Acesso em: 12 fev. 2025.

GANESH, C. R. *et al*. Experimental study on strength behaviour of geofibre reinforced stabilized mud blocks using industrial by-products. **Materials Today: Proceedings**, 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785323019405. Acesso em: 12 fev. 2025.

GANOU KOUNGANG, B. M. *et al*. Experimental thermophysical dependent mechanical analysis of earth bricks with Canarium schweinfurthii and Cocos nucifera bio-aggregates - A case study in Cameroon. **Cogent Engineering**, v. 10, n. 1, 2023. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2022.2159159. Acesso em: 12 fev. 2025.

GUPTA, V. *et al*. A state of the art review to enhance the industrial scale waste utilization in sustainable unfired bricks. **Construction and Building Materials**, v. 254, 10 set. 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820312253. Acesso em: 12 fev. 2025.

HANY, E. *et al*. Investigating the mechanical and thermal properties of compressed earth bricks made by eco-friendly stabilization materials as partial or full replacement of cement. **Construction and Building Materials**, v. 281, 26 abr. 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821002956. Acesso em: 12 fev. 2025.

KASINIKOTA, P.; TRIPURA, D. D. Evaluation of compressed stabilized earth block properties using crushed brick waste. **Construction and Building Materials**, v. 280, 19 abr. 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821002804. Acesso em: 12 fev. 2025.

KASSAHUN, G.; PATNAIK, B.; MOHAMMED, Y. Improving the Strength of Adobe Units Using Eragrostis Teff Straw Fiber for Sustainable Construction, Wolaita Sodo, Ethiopia. **International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education**, v. 5, n. 5, 2019. Disponível em: https://ijariie.com/AdminUploadPdf/Improving_the_Strength_of_Adobe_Units_Using_Eragrostis_Teff_Straw_Fiber_for_Sustainable_Construction__Wolaita_Sodo__Ethiopia_ijariie10864.pdf. Disponível em: Acesso em: 12 fev. 2025.

KIKI, G. *et al*. Physico–mechanical and durability performances of compressed earth blocks incorporating quackgrass straw: An alternative to fired clay. **Construction and Building Materials**, v. 403, 3 nov. 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823027812. Acesso em: 12 fev. 2025.

KOUAMÉ, A. *et al*. Mechanical and Microstructural Properties of Compressed Earth Bricks (CEB) Incorporating Shea Butter Wastes and Stabilized with Cement. **Journal of Materials Physics and Chemistry**, v. 8, n. 1, p. 1–8, 2020. Disponível em: https://pubs.sciepub.com/jmpc/8/1/1/index.html. Acesso em: 12 fev. 2025.

KOUGOUM, G. G. *et al*. Effects of Recycled Expanded Polystyrene Beads on the Mechanical and Physical Properties of Cement-Stabilized Compressed Earth Bricks. **Advances in Civil Engineering**, v. 2023, 2023. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2023/6675227. Acesso em: 12 fev. 2025.

KUMAR, N.; BARBATO, M. Effects of sugarcane bagasse fibers on the properties of compressed and stabilized earth blocks. **Construction and Building Materials**, v. 315, 10 jan. 2022. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821032906. Acesso em: 12 fev. 2025.

KUMAR, R. *et al*. Utilization of Iron Ore Tailings for the Production of Fly Ash - GGBS-Based Geopolymer Bricks. **Journal of Advanced Manufacturing Systems**, v. 16, n. 3, p. 275–290, 1 set. 2017. Disponível em: https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0219686717500172. Acesso em: 12 fev. 2025.

LAATAR, M. *et al*. Effect of date palm fibers and lime ratio contents on thermal and mechanical properties of compressed earth blocks. **JP Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 36, p. 71–88, 1 dez. 2023. Disponível em: https://pphmjopenaccess.com/index.php/jphmt/article/view/1555. Acesso em: 12 fev. 2025.

LABIAD, Y.; MEDDAH, A.; BEDDAR, M. Performance of sisal fiber-reinforced cement-stabilized compressed-earth blocks incorporating recycled brick waste. **Innovative Infrastructure Solutions**, v. 8, n. 3, 1 mar. 2023. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s41062-023-01078-w. Acesso em: 12 fev. 2025.

MALKANTHI, S. N. *et al*. Enhancement of the properties of compressed stabilized earth blocks through the replacement of clay and silt with fly ash. **Engineering technology & Applied Science Research**, v. 11, n. 6, p. 7927–7931, 2021. Disponível em: https://etasr.com/index.php/ETASR/article/view/4580. Acesso em: 12 fev. 2025.

MALKANTHI, S. N. *et al*. Proposed mix design improvements of compressed stabilized earth blocks (CSEB) with particle packing optimization and coir reinforcement. **Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka**, v. 52, n. 2, p. 159, 9 jul. 2024. Disponível em: https://jnsfsl.sljol.info/articles/10.4038/jnsfsr.v52i2.11495. Acesso em: 12 fev. 2025.

NAGARAJ, H. B.; SHREYASVI, C. Compressed stabilized earth blocks using iron mine spoil waste - an explorative study. **Procedia Engineering**, v. 180, p. 1203–1212, 2017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817317885. Acesso em: 12 fev. 2025.

NEHDI, M. L. Clay in cement-based materials: Critical overview of state-of-the-art. **Construction and building materials**, v. 51, p. 372, 2014. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006181300980X. Acesso em: 12 fev. 2025.

PAUL, S.; ISLAM, M. S.; CHAKMA, N. Effectiveness of areca fiber and cement on the engineering characteristics of compressed stabilized earth blocks. **Construction and Building Materials**, v. 427, 10 maio

2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061824014314. Acesso em: 12 fev. 2025.

PAULA JUNIOR, A. C.; TEIXEIRA, E.; MATEUS, R. Improving the mechanical, thermal and durability properties of compressed earth blocks by incorporating industrial waste and by-products: A systematic literature review. **Construction and Building Materials**, v. 438, n. 137063, p. 137063, 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061824022050. Acesso em: 12 fev. 2025.

RAAVI, S. S. D.; TRIPURA, D. D. Predicting and evaluating the engineering properties of unstabilized and cement stabilized fibre reinforced rammed earth blocks. **Construction and Building Materials**, v. 262, 30 nov. 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820328506. Acesso em: 12 fev. 2025.

RAAVI, S. S. D.; TRIPURA, D. D. Ultrasonic pulse velocity and statistical analysis for predicting and evaluating the properties of rammed earth with natural and brick aggregates. **Construction and Building Materials**, v. 298, 6 set. 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821016007. Acesso em: 12 fev. 2025.

RAJURKAR, V.; CHITADE, A. Z. Study of Natural Fiber over Strength and Density of Cement Stabilized Rammed Earth Blocks. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. **Anais** [...]. Institute of Physics, 2023. Disponível em: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1193/1/012025/pdf. Acesso em: 12 fev. 2025.

RAYEESULHAQ, M. R. *et al*. Optimization in recipe design of interlocking compressed earth blocks by incorporating fine recycled concrete aggregate. **Construction and Building Materials**, v. 416, 16 fev. 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061824003088. Acesso em: 12 fev. 2025.

SADOURI, R.; KEBIR, H.; BENYOUCEF, M. The Effect of Incorporating Juncus Fibers on the Properties of Compressed Earth Blocks Stabilized with Portland Cement. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 14, n. 2, 1 jan. 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/2076-3417/14/2/815. Acesso em: 12 fev. 2025.

SINGH, S. *et al*. Stability of compressed earth blocks using sugarcane bagasse ash and wheat straw. Materials Today:Proceedings. **Anais** [...]. Elsevier Ltd, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321048756. Acesso em: 12 fev. 2025.

SOUNDARYA, N. Effect of fly ash and GGBS on lime stabilized mud block. **Materials today: proceedings**, v. 47, p. 4636-4640, 2021.Disponível em:https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321040839. Acesso em: 12 fev. 2025.

THENNARASAN LATHA, A.; MURUGESAN, B.; THOMAS, B. S. Compressed Stabilized Earth Block Incorporating Municipal Solid Waste Incinerator Bottom Ash as a Partial Replacement for Fine Aggregates. **Buildings**, v. 13, n. 5, 1 maio 2023. Disponível em: https://www.mdpi.com/2075-5309/13/5/1114. Acesso em: 12 fev. 2025.

TURCO, C. *et al*. Optimisation of Compressed Earth Blocks (CEBs) using natural origin materials: A systematic literature review. **Construction and Building Materials**, v. 309, n. 125140, p. 125140, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821028841. Acesso em: 12 fev. 2025.