

III-1315 – AVALIAÇÃO DO USO DE AGRO RESÍDUOS EM BLOCOS DE ADOBES COMO ALTERNATIVA NA ESTABILIZAÇÃO PARA MORADIAS DE BAIXO CUSTO

Elizângela Dutra Marques⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Faculdade Integrada de Ourinhos (UNIFIO), Ourinhos/SP. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB) - Bauru-SP.

Ricardo Gabbay de Souza⁽²⁾

Professor Assistente Doutor na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia – ICT- São José dos Campos-SP

Endereço ⁽¹⁾: Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube 14-01 - Vargem Limpa - Bauru - SP/SP - CEP 17033-360
Telefone: (14) 3103-6000 e-mail: elizangela.marques@unesp.br

RESUMO

A escassez de moradias afeta a população mais pobre e gera desafios econômicos e sociais, enquanto o uso de materiais convencionais como o cimento torna-se caro e impacta negativamente o meio ambiente. As construções feitas de terra sempre estiveram na história da humanidade e são uma alternativa viável devido a disponibilidade, pois unem viabilidade técnica e econômica, sem agredir o meio ambiente. Este tipo de construção, no entanto, apresenta desvantagens devido à baixa resistência. O presente artigo tem como objetivo avaliar, a partir de uma revisão sistemática da literatura, o uso de agro-resíduos como aditivo para estabilização de um material alternativo de construção sustentável, o tijolo de adobe. Os resultados obtidos nos estudos mostram que o uso de estabilizadores para blocos de adobe ou outras construções com terra pode melhorar a resistência à compressão, mas poucos estudos ainda focam na durabilidade do bloco em relação à água. As fibras também desempenham um papel importante como reforço, e podem ou não ser combinadas com algum ligante, pois cada fibra possui propriedades específicas que interferem na qualidade e aplicabilidade dos adobes. Os estudos existentes viabilizam o uso de agro-resíduos e outros tipos de ligantes naturais como os biopolímeros em construções habitacionais de baixo custo.

PALAVRAS-CHAVE: Adobe, Agro-resíduos, Material de construção, Agregado reciclado, construção de terra

INTRODUÇÃO

O adobe (tijolo de terra crua) é um dos materiais de construção mais antigos do mundo, e sua composição basicamente leva terra, água, palha e fibras naturais. Porém, com a evolução das técnicas de arquitetura, este método de construção foi caindo em desuso e substituído por outros materiais de construção ditos modernos ou convencionais, tais como tijolos cerâmicos e os materiais cimentícios (TORRALBA; JATALI, 2009). Atualmente, o que se observa é um resgate desses materiais ao cenário construtivo, pois têm a vantagem de ser um material ecológico, sustentável e de baixo custo devido à facilidade de obtenção da matéria-prima (VELASCO-AQUINO et al., 2020).

As construções com terra tornam-se uma alternativa viável e sustentável pela sua disponibilidade, uma vez que unem a viabilidade técnica à econômica sem agredir o meio ambiente. Além disso, as construções com adobes apresentam-se como opção ao déficit habitacional que atinge diversas populações pelo mundo (DANSO et al., 2015), e poderiam atender a demandas por moradias, pelo custo, e ainda aliar questões econômicas e ambientais satisfazendo os pilares da sustentabilidade (GUO et al., 2017).

Esse método construtivo pode ser realizado por qualquer pessoa, pois não exige uma técnica complexa. Ainda, utiliza materiais disponíveis localmente, além de ser uma construção de baixo impacto ambiental e de o solo possuir características que o tornam um bom isolante térmico e acústico (SERRANO; BARRENECHE; CABEZA, 2016; VATANI O.; AFZALI; MADADIPOUR, 2017).

Diferentes métodos de fabricação são propostos por pesquisadores, inclusive incorporando fibras naturais dos mais variados tipos: coco, sisal, banana, cânhamo, entre outras, além de resíduos de descartes das agroindústrias, tais como palhas, cascas e sementes (SERRANO; BARRENECHE; CABEZA, 2016; VATANI O.; AFZALI; MADADIPOUR, 2017). O uso de diferentes tipos de resíduos agrícolas em adobes melhora o desempenho, principalmente com relação às propriedades de resistência à compressão e flexão, e ainda ajuda no conforto térmico do ambiente (PALUMBO et al., 2016). A Figura 1 representa o processo simplificado da fabricação do adobe.

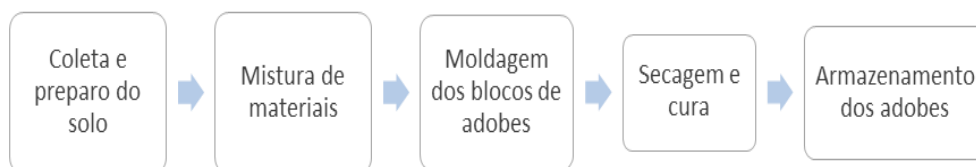


Figura 1. Processo simplificado de fabricação do adobe

A técnica de fabricar adobes faz parte da história, porém, trata-se de um tipo de construção frágil quanto ao intemperismo e, mais especificamente, em relação à água (CALATAN et al., 2017; GIROUDON et al., 2019). A desvantagem das construções com terra é a durabilidade, que pode estar associada a diversos fatores, tais como a qualidade inadequada do solo e uso de materiais inapropriados na composição, entre outros. Isso diminui a vida útil da construção, principalmente quando em contato com a água porque provoca sua deterioração com o passar do tempo (EIRES; CAMÕES; JALALI, 2017).

A estabilização dessas construções é um fator importante para o seu desempenho, uma vez que a função dos estabilizadores é melhorar algumas propriedades, tais como resistência mecânica e durabilidade (LOSINI et al., 2021). Os estabilizadores podem ser utilizados na forma de reforço ou apenas como ligantes, e têm funcionalidades diferentes, conferindo melhoria a algumas propriedades dos blocos feitos com solos ou argilas (DANSO et al., 2015; LOSINI et al., 2021). A combinação entre o reforço e os ligantes confere uma maior durabilidade aos blocos em relação à água (DANSO et al., 2015). As fibras são frequentemente utilizadas como estabilizante principal nos adobes, com o objetivo de melhorar a resistência à compressão; já os ligantes (cal ou cal viva e cimento) melhoram as propriedades de resistência à água e durabilidade (DANSO et al., 2015; LOSINI et al., 2021). Embora a combinação de estabilizantes sintéticos (cal e cimento) favoreça uma melhoria nas propriedades dos adobes, há questões ambientais, pois o uso de alguns componentes, como o cimento, reduz a reciclabilidade do solo, uma vez que transforma o solo em pedras artificiais (resíduos de construção civil classe A), gerando ainda o aumento com despesas para fabricação do tijolo (LOSINI et al., 2021).

Os desafios ambientais como a redução do uso de novas matérias primas e o gasto energético na produção de materiais de construção incitam a valorizar os materiais locais e o uso de resíduos agrícolas. Os agro-resíduos podem ser uma estratégia para agregar valor ao resíduo descartado (VATANI O.; AFZALI; MADADIPOUR, 2017).

OBJETIVO DO TRABALHO

O presente artigo tem como objetivo avaliar o uso de agro-resíduos como aditivo para estabilização de tijolos de adobe, a partir de uma revisão sistemática da literatura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este artigo fundamentou-se em uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que consistiu nas seguintes atividades: Delimitação do tema (Atividade I); Definição dos termos de busca e escolha da base científica (Atividade II), Análise de títulos e abstracts dos artigos (Atividade III); Armazenagem dos artigos no Software Mendeley (Atividade IV); Eliminação de duplicidade de artigos (Atividade V); Estudo e análise de conteúdo (Atividade VI) e Sistematização do conteúdo dos artigos (Atividade VII).

A pesquisa centrou-se principalmente no uso de agro-resíduos em adobes e construções com terra, e as palavras-chave utilizadas nas buscas foram:

- a) adobe OR "bio brick" OR "earth brick" OR "raw earth construction" OR "earthen masonry" OR "bio-based earth brick" OR "earth block" OR "mud brick" OR "earth buildings" (**campo 1**);
- b) "bio-waste" OR "organic waste" OR "organic fraction of municipal solid waste" OR "agricultural waste"; "bio-waste" OR "organic waste" OR "organic fraction of municipal solid waste" OR "agricultural waste" OR "organic fiber" OR "organic aggregate" OR "bio fiber" OR "bio aggregate" OR "rice husk" OR "coconut fiber" OR bagasse OR "sisal fiber waste" OR "agave fiber" OR corn OR straw OR "agro-industrial waste" (**campo 2**). **Os campos 1 e 2 foram conectados com o operador "AND".**
- c) cement OR ash OR "synthetic fibers waste" OR "plastic waste" OR "geopolymer" OR polystyrene) (**campo 3**). **O campo 3 foi conectado aos demais com o operador "AND NOT".**

As bases científicas utilizadas na pesquisa foram a "Scopus" e a "Web of Science" e o critério utilizado para inclusão e exclusão dos artigos no estudo teve como base a leitura prévia dos títulos. Quando apresentavam os termos pertinentes à temática central da pesquisa seguiam para análise do abstract, buscando aprofundar o entendimento do tema e dando especial atenção ao objetivo, resultados e conclusões. Foi desconsiderado na pesquisa o uso de cinzas e aditivos que pudessem prejudicar a reciclabilidade do solo (cimentos, aditivos sintéticos e plásticos), e priorizados os estudos com uso materiais naturais (fibras, agregados orgânicos etc.), resíduos agroindustriais e uso de estabilizadores naturais tais como os biopolímeros. Os estudos selecionados foram aqueles publicados nos últimos 10 anos. Foram selecionados 33 artigos para estudo, além de algumas referências retiradas dos referidos artigos para fins de aprofundamento ("snowball").

Os artigos selecionados foram gerenciados no Software Mendeley, com objetivo de otimizar o trabalho, organizar as referências bibliográficas e descartar duplicidades. Uma tabela no Software Excel foi elaborada com as principais características dos estudos, tais como ensaios realizados, métodos, resultados obtidos, lições da pesquisa, possíveis lacunas etc. Isso possibilitou uma revisão mais aprofundada dos artigos coletados.

ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados obtidos mostram que a caracterização solo é o primeiro passo para realização da construção com terra, pois os solos possuem características específicas e determinam a qualidade do bloco de adobe e de outras construções que utilizam a terra como material construtivo (ABNT, 2020). A Norma ABNT NBR 16814/2020 (Adobe - Requisitos e métodos de ensaios), não especifica valores para os Limites de Atterberg ((limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e Índice de Plasticidade (ID)). Porém a NBR 1083/2012 (Bloco solo-cimento) especifica que os blocos de solo-cimento tenham parâmetros de limite de liquidez (LL) $\leq 45\%$ e limite de plasticidade (LP) $\leq 18\%$.

Em alguns estudos, os valores de caracterização do solo para fabricação de adobes variaram entre 33%, 36% e 56% para limites de liquidez (LL) e limites de plasticidade (LP) de 21%, 22% e 35% e índice de plasticidade (IP) 12%, 14% e 21% (BABÉ et al., 2021; MUHAMMAD et al., 2020; PALUMBO et al., 2016). Na Figura 2, pode-se observar os variados de Limites de Atterberg de solos utilizados na produção dos blocos e construções de terra em alguns estudos.

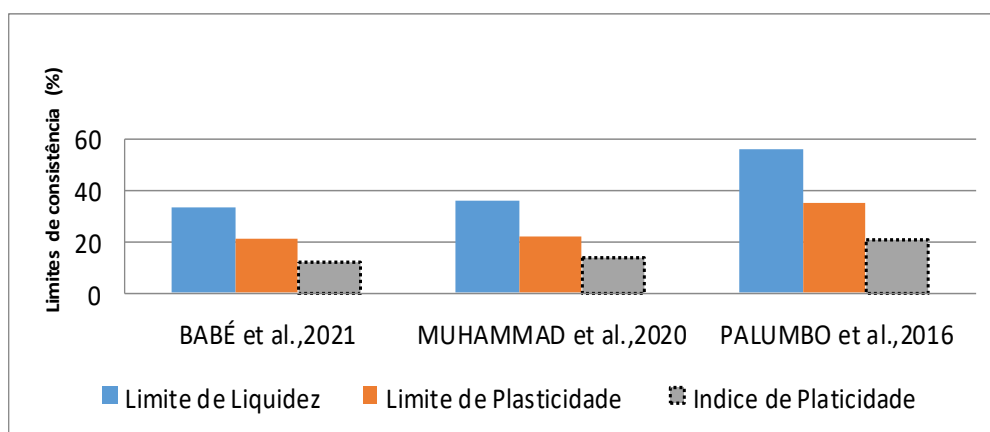


Figura 2. Variedade de Limites de Atterberg de solos utilizados em construções com terra

Os resultados demonstram uma variação dos limites de consistência devido à grande diversificação dos solos existentes. No Brasil, a Norma NBR 16814/2020 exige que os parâmetros granulométricos atendam aos seguintes requisitos: areia entre 45% e 65%; Silte até 30% e argila entre 25% e 35% (ABNT, 2020). Entretanto, já foi mostrado que, mesmo que a distribuição dos grãos e os limites de consistência não atendam aos critérios recomendados, é possível fabricar blocos de terra compactada (BTC) com uma grande variedade de solos (LABOREL-PRÉNERON et al., 2018).

A estabilização do adobe apresenta característica distinta de acordo com a matéria prima utilizada. No caso da fibra de palma utilizada nos adobes como reforço e usando agregados (areia e cascalho) a resistência mecânica chega a atingir um valor de 16,53 MPa com traço de 0,6% de resíduo (peso seco de solo), um valor 2,5 vezes em relação ao bloco de controle contendo apenas solo e agregados (areia e cascalho) (VATANI O.; AFZALI; MADADIPOUR, 2017). Outras fibras como cavaco de madeira e palha, testadas com mesmo traço (0,6% de resíduo e agregados), atingiram valores de 6,91 MPa e 6,95 MPa respectivamente, com valores maiores em comparação ao bloco de controle (solo e agregados) que apresentou valor de 6,44 MPa para resistência à compressão (VATANI O.; AFZALI; MADADIPOUR, 2017).

Para blocos com adição de 2% de fibras Neem (sem ligantes) a resistência à compressão atinge até 6,35 MPa (BABÉ et al., 2021). Esses valores ficaram bem acima da resistência mínima à compressão da Norma Internacional ASTM E2392/E2392M-10/2016 (Guia Padrão para Projeto de Sistemas de Construção de Paredes de Terra) que é de 2,68 MPa (VATANI OSKOEI; AFZALI; MADADIPOUR, 2017) e da Norma brasileira NBR 16814/2020 que é de 1,5 MPa (ABNT, 2020).

Os resíduos adicionados nos adobes precisam ser utilizados em quantidades adequadas, pois uma dosagem alta pode interferir diretamente nas propriedades mecânicas do bloco. Por exemplo, para casca do arroz, as quantidades superiores a 1% de resíduo (em peso de solo), diminuem a resistência mecânica do bloco, mas valores entre 0,30% e 0,75% de resíduo (em peso de solo), combinados ou não com aditivos químicos, chegam a ter resistências majoradas em até 4,14 MPa e 5,17 MPa nessas proporções, respectivamente (IGE; DANSO, 2022; VATANI OSKOEI; AFZALI; MADADIPOUR, 2017).

Um estudo comparativo das características geométricas das fibras de cânhamo, palha de cevada e casca de arroz para condutividade térmica relatou que há forte influência no tamanho das fibras adicionadas ao bloco, ou seja, quanto maior for fibra utilizada no bloco menor será a condutividade térmica. A casca de arroz utilizada na porcentagem de 3% apresentou uma condutividade térmica superior à da fibra de cânhamo e palha de cevada com valores de $0,056 \text{ w.m}^{-1}.\text{k}^{-1}$, $0,051 \text{ w.m}^{-1}.\text{k}^{-1}$ e $0,0261 \text{ w.m}^{-1}.\text{k}^{-1}$ respectivamente (BRÁS et al., 2019). Nota-se ainda que é irrelevante a orientação das fibras para essa propriedade. Por outro lado, em estudos anteriores já foi especificado que a quantidade de fibras tem forte influência no comportamento mecânico e deve ser dosado de forma adequada (LABOREL-PRÉNERON et al., 2018; BRÁS et al., 2019).

As fibras com menores desempenhos mecânicos foram as fibras de coco, na porcentagem de 0,5%, e casca de arroz, na porcentagem acima de 1% com adição 19% de cal, com resultados de 1,98 MPa (VELASCO-AQUINO et al., 2020) e 1 MPa respectivamente (MUHAMMAD et al., 2020). Os valores mostram que a quantidade e a característica do material devem ser levadas em consideração para resultados satisfatórios para essa propriedade. Porém as fibras de coco e casca de arroz tem alta resistência à água. Em um estudo, o comportamento dos blocos de cimento-fibra com adição de fibras de coco e casca de arroz, tratadas de forma natural com óleo de linhaça foi relativamente positivo, melhorando as propriedades de absorção de água do tijolo (ABDULLAH; LEE, 2017).

Embora o uso de óleos ou gorduras em blocos de terra ainda seja pouco estudado, algumas pesquisas realizadas com óleo de linhaça e outros tipos de gorduras indicam que estes podem melhorar a resistência à água quando misturados à cal, pois reagem e passam a ter propriedades tanto hidrofóbicas quanto hidrofílicas (repelente e absorvente), características importantes para a durabilidade do bloco em relação à água (EIRES; CAMÕES; JALALI, 2017; LOSINI et al., 2021). O uso de estabilizantes naturais ou biopolímeros de diversas fontes tais como óleos, ceras e resinas melhoram as construções com terra em relação à resistência à água, pois estes possuem características capazes de alterar as cargas eletrostáticas da argila (forças de repulsão e atração entre as cargas) (LOSINI et al., 2021).

Essas características são específicas dos óleos por serem insolúveis em água: quando entram em contato com a argila, parte das moléculas de argila absorvem o óleo devido às cargas eletrostáticas, e a outra parte fica retida na superfície da argila. Esse duplo efeito faz com que o material realize a troca de vapor d'água com o meio

externo (EIRES; CAMÕES; JALALI, 2017). A Tabela 1 mostra os melhores desempenhos para resistência mecânica de alguns resíduos utilizados como estabilizadores de blocos de terra (adobes e blocos de terra compactada).

Tabela 1. Resumo dos tipos de estabilizadores utilizados em adobes e melhores desempenhos

Referência	Estabilizadores (% utilizado em peso seco de solo)		Melhores Desempenhos	
	Resíduo (%)	Ligante (%)	% de estabilizador utilizado	Resistência Mecânica (MPa)
JAMIL et al., 2021	Fibras de Sisal (1-2-3)	Cal 6-10-14	2% - Fibra de sisal 14% - Cal	2,30 MPa
MUHAMMAD et al., 2020	Palha de trigo (1- 4) Casca de arroz (1-5) Casca+ Palha (1-4)	Cal 12-15-19	1% - Casca de arroz 0% - Cal	3,98 MPa
GIROUDON et al., 2019	Palha de cevada (3-6) Talos de Lavanda (3-6)	Sem cal	6% - Palha de cevada 6% - Talos de lavanda	3,80 MPa 3,90 MPa
IGE; DANSO, 2022	Casca de Arroz (0,25 - 0,50 - 0,75- 1,0)	Cal 10	0,75% - Casca de arroz 10% - Cal	5,17 MPa
ATALAYA; SARMIENTO, 2020	Fibra de coco (0,25 - 0,5 - 0,75)	Sem cal ou outro aditivo	0,25 % - Fibra de coco	3,68 MPa
VATANI OSKOEI; AFZALI; MADADIPOUR, 2017	Cavaco de madeira Casca de arroz Palha Fibra palma (0,3 - 0,6 - 0,9)	sem ligantes	0,6% - Fibra de Palma 0,3% - Casca de arroz 0,9% - Palha 0,6% -Cavaco de madeira	16,53 MPa 4,14 MPa 8,71 MPa 6,91 MPa
VELASCO-AQUINO et al., 2020	Fibra de coco (0,25 - 0,50 - 1,0)	Cal/Aloe Vera - 10	0,50% - Fibra de coco 10% - Cal	1,98 MPa
BABÉ et al., 2021	Fibras de Neem (0 – 2 - 3 - 4)	Sem cal ou outro aditivo	2,0% - Fibras de Neem	6,35 MPa
EIRES; CAMÕES; JALALI, 2017	Óleos e gorduras (1- 6)	Cal - 4	1% - Óleo de cozinha usado 4% - Cal	2,88 MPa

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos estudos mostram que o uso de estabilizadores para blocos de adobe ou outras construções com terra melhora as propriedades de resistência à compressão, mas poucos estudos ainda focam na durabilidade do bloco em relação à água. As fibras também desempenham um papel importante como reforço, e podem ser combinadas com algum ligante ou não. A fibra com melhor desempenho mecânico foi a fibra de palma combinada com agregados (areia grossa e cascalho), que teve um aumento em 256% na resistência à compressão comparada ao adobe de controle confeccionado com apenas solo e agregados. As propriedades mecânicas dos adobes melhoraram significativamente com adição de fibras de palma e palha, onde os resultados ficaram acima dos exigidos pelas Normas.

A casca de arroz e a fibra de coco têm propriedades que influenciam positivamente na condutividade térmica, porém devem ser utilizadas em quantidades adequadas, para não comprometer as propriedades mecânicas do

bloco. A quantidade não deve ser superior a 1% de resíduo em peso seco de solo para casca de arroz e 0,25% para fibra de coco. Embora a fibra de coco apresente pequena resistência mecânica, ela possui boa resistência à água, podendo ser tratada com óleo de linhaça, o que diminui a absorção de água pelo bloco. Além disso os óleos e as gorduras também podem ser adicionados ao bloco para melhorar as propriedades em relação à água, podendo ser combinados com aditivos como cal.

O solo também é um fator relevante na confecção do bloco de adobe, pois precisa estar dentro de parâmetros das Normas técnicas para que tenha um bom desempenho, e isso combinado com os estabilizadores pode aumentar a performance do bloco. Dessa forma, os estudos viabilizam o uso de agro-resíduos e outros tipos de ligantes naturais em construções habitacionais de baixo custo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABDULLAH, A. C.; LEE, C. C. Effect of Treatments on Properties of Cement-fiber Bricks Utilizing Rice Husk, Corncob and Coconut Coir. *Procedia Engineering*, v. 180, p. 1266–1273, 2017.
2. ATALAYA, J. Y. C.; SARMIENTO, A. E. A. Physical and mechanical properties of compacted adobe with incorporation of coconut fibers. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, 2020.
3. BABÉ, C. et al. Effect of neem (*Azadirachta Indica*) fibers on mechanical, thermal and durability properties of adobe bricks. *Energy Reports*, v. 7, n. May, p. 686–698, 2021.
4. BRÁS, A. et al. Optimisation of bio-based building materials using image analysis method. *Construction and Building Materials*, v. 223, p. 544–553, 30 out. 2019.
5. CALATAN, G. et al. Experimental Research on the Recyclability of the Clay Material Used in the Fabrication of Adobe Bricks Type Masonry Units. *Procedia Engineering*, v. 181, p. 363–369, 2017.
6. DANSO, H. et al. Performance characteristics of enhanced soil blocks: A quantitative review. *Building Research and Information*, v. 43, n. 2, p. 253–262, 2015.
7. EIRES, R.; CAMÕES, A.; JALALI, S. Enhancing water resistance of earthen buildings with quicklime and oil. *Journal of Cleaner Production*, v. 142, p. 3281–3292, 2017a.
8. GIROUDON, M. et al. Comparison of barley and lavender straws as bioaggregates in earth bricks. *Construction and Building Materials*, v. 202, p. 254–265, 2019.
9. GUO, Z. et al. Experimental study of admixture on soil's physical and mechanical characteristics. *AIP Conference Proceedings*. Anais...American Institute of Physics Inc., 31 jul. 2017.
10. IGE, O.; DANSO, H. Experimental Characterization of Adobe Bricks Stabilized with Rice Husk and Lime for Sustainable Construction. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 34, n. 2, p. 1–11, 2022a.
11. JAMIL, Y. et al. The effect of the sisal fiber content of agave and/or lime on the mechanical and thermal characterizations of soil-based compressed earth blocks from the province of rehamna in morocco. *JP Journal of Heat and Mass Transfer*, v. 24, n. 2, p. 207–226, 2021.
12. LABOREL-PRÉNERON, A. et al. Effect of Plant Aggregates on Mechanical Properties of Earth Bricks. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 29, n. 12, dez. 2017.
13. LABOREL-PRÉNERON, A. et al. Experimental assessment of bio-based earth bricks durability. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 660, n. 1, 2019.
14. LABOREL-PRÉNERON, A.; MAGNIONT, C.; AUBERT, J. E. Hygrothermal properties of unfired earth bricks: Effect of barley straw, hemp shiv and corn cob addition. *Energy and Buildings*, v. 178, p. 265–278, 1 nov. 2018.
15. LOSINI, A. E. et al. Natural additives and biopolymers for raw earth construction stabilization – a review. *Construction and Building Materials*, v. 304, n. August, p. 124507, 2021a.
16. MUHAMMAD et al. Experimental study of fibre-reinforced interlocking mud bricks under compressive test. *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Construction Materials*, v. 173, n. 4, p. 181–189, 2020a.
17. PALUMBO, M. et al. The influence of two crop by-products on the hygrothermal properties of earth plasters. *Building and Environment*, v. 105, p. 245–252, 15 ago. 2016.
18. SERRANO, S.; BARRENECHE, C.; CABEZA, L. F. Use of by-products as additives in adobe bricks: Mechanical properties characterisation. *Construction and Building Materials*, v. 108, p. 105–111, 2016.
19. TORGAL, F. P. S. Construção em Terra: o Passado, o presente e o Futuro. *REVISTA ARTE E CONSTRUÇÃO*, p. 01–09, 2009.
20. VATANI OSKOUEI, A.; AFZALI, M.; MADADIPOUR, M. Experimental investigation on mud bricks reinforced with natural additives under compressive and tensile tests. *Construction and Building Materials*, v. 142, p. 137–147, 2017.
21. VELASCO-AQUINO, A. A. et al. Compressed earth block reinforced with coconut fibers and stabilized with aloe vera and lime. *Journal of Engineering, Design and Technology*, v. 19, n. 3, p. 795–807, 2020.