XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8598

Cinza de bagaço de cana-de-açúcar em blocos de terra comprimida: desempenho físico, mecânico e térmico

Sugarcane bagasse ash in compressed earth blocks: physical, mechanical and thermal performance

Jeferson Fernando Corrêa Antonelli
Universidade Estadual Paulista | Bauru | Brasil | j.antonelli@unesp.br
Maximiliano dos Anjos Azambuja
Universidade Estadual Paulista | Bauru | Brasil | m.azambuja@unesp.br

Resumo

Este artigo avalia a viabilidade da substituição parcial do cimento Portland por cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC), um resíduo renovável da indústria sucroalcooleira, na produção de blocos de terra comprimida (BTC). Foram produzidos blocos estabilizados com 10% de cimento (em massa do solo), com teores de substituição de 10%, 20% e 30% por CBC. As propriedades físicas e mecânicas foram avaliadas por ensaios de resistência à compressão, absorção de água e condutividade térmica. Os resultados indicaram que todos os blocos contendo CBC atenderam aos requisitos mínimos estabelecidos por normas técnicas. O aumento do teor de CBC influenciou a densificação da matriz, o comportamento de absorção de água e a condutividade térmica. Dentre os teores avaliados, a substituição de 30% apresentou desempenho global satisfatório, conciliando resistência mecânica adequada e redução da absorção de água. Os resultados demonstram o potencial da CBC como material cimentício suplementar na produção de BTC, contribuindo para redução do consumo de cimento e a valorização de resíduos agroindustriais.

Palavras-chave: Construções sustentáveis. Pozolâna. Solo-cimento. Tijolo ecológico.

Abstract

This study evaluates the feasibility of partially replacing Portland cement with sugarcane bagasse ash (SCBA), a renewable by-product of the sugar and ethanol industry, in the production of compressed earth blocks (CEBs). Blocks stabilized with 10% cement (by mass of soil) were produced with Portland cement replacement levels of 10%, 20%, and 30% by SCBA. The physical and mechanical properties were assessed through compressive strength, water absorption, and thermal conductivity tests. The results indicated that all SCBA-containing blocks met the minimum requirements established by technical standards. Increasing the SCBA replacement level influenced the densification of the matrix, the water absorption behavior, and the thermal conductivity of the blocks. Among the evaluated mixtures, the 30% replacement level exhibited satisfactory overall performance, combining adequate mechanical strength with reduced water absorption. The findings demonstrate the potential of SCBA as a supplementary cementitious material (SCM) in the production of CEBs, contributing to the reduction of cement consumption and the valorization of agro-industrial waste.

Keywords: Sustainable construction. Pozzolan. Soil-cement. Ecological brick.

INTRODUÇÃO

A concentração crescente de dióxido de carbono na atmosfera nos últimos 150 anos torna-se cada vez mais relevante [1]. Em 2016, pela primeira vez, o nível de CO_2 ultrapassou 400 ppm, e em fevereiro de 2026, atingiu 429,35 ppm [2]. Esses valores contribuem para um problema social e econômico devido ao aumento da intensidade de condições ambientais extremas causadas pelas mudanças climáticas.

O setor da construção civil pode reduzir seus impactos ambientais. Os blocos de terra comprimida (BTC) representam uma alternativa acessível e sustentável, pois reduzem as emissões de dióxido de carbono e consomem menos energia durante sua fabricação [3], além da facilidade de produção, que exige pouca especialização técnica, e valorizarem recursos locais.

Todavia, o BTC necessita de um estabilizador químico adequado. O cimento é amplamente utilizado na estabilização do solo para produção de BTC devido à sua eficácia, porém seu uso é ambientalmente desfavorável. A fabricação de cimento gera uma grande quantidade de CO_2, sendo prejudicial à sustentabilidade ambiental [4]. Os autores [5][6] indicam que cada tonelada de cimento produzida emite aproximadamente uma tonelada de CO_2, além de apontarem a indústria cimenteira como responsável por cerca de 5% a 8% das emissões globais. A substituição parcial do cimento por materiais alternativos torna-se desejável, especialmente quando se utilizam resíduos disponíveis localmente [1][5][6][7].

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de cana-de-açúcar, açúcar e etanol. Aproximadamente 45% da produção de cana é destinada à fabricação de açúcar e ração animal, enquanto os 55% restantes são utilizados para a produção de etanol [6]. Durante esse processo, o bagaço de cana-de-açúcar constitui um importante subproduto, sendo amplamente empregado como combustível para geração de energia nas usinas sucroalcooleiras [6]. Como resultado da combustão, é gerada a cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC), considerada o último resíduo sólido da cadeia produtiva, com uma geração estimada de aproximadamente 25 kg de cinza por tonelada de bagaço queimado [7].

Nesse contexto, uma proposta viável é a utilização da CBC na produção de BTC. O setor sucroalcooleiro enfrenta desafios de destinação desse resíduo, que geralmente é descartado em aterros ou utilizado como fertilizante. No entanto, devido ao seu baixo teor de potássio, a CBC apresenta limitações para uso agrícola [7], reforçando a necessidade de alternativas de valorização. A maioria dos estudos concentra-se em sua aplicação como substituição parcial do cimento em concretos, evidenciando seu potencial para outras aplicações, como a produção de blocos de terra comprimida [5].

Portanto, este artigo avalia se a substituição parcial do cimento por cinza de bagaço de cana-de-açúcar resulta em blocos de terra comprimida com desempenho físico, mecânico e térmico semelhante ao de blocos estabilizados com cimento, conforme normas técnicas brasileiras e internacionais.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS UTILIZADOS

SOLO

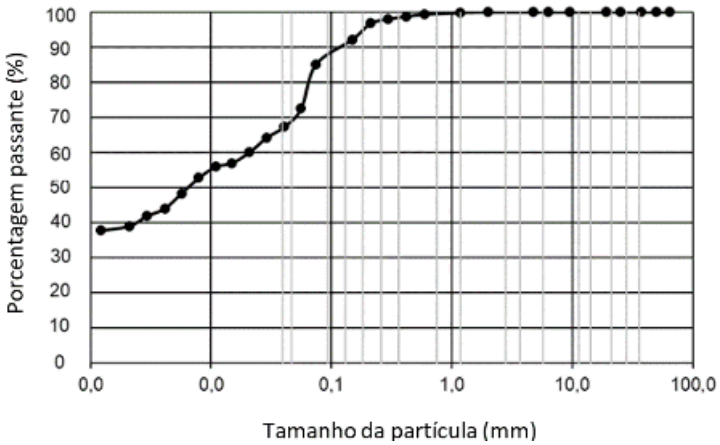
Foi utilizado solo vermelho argiloso, com alto teor de finos, como material base. O material foi coletado no município de Pederneiras, SP. A distribuição do tamanho das partículas (Figura 1), o limite líquido e o limite plástico do solo foram determinados conforme [8][9][10] respectivamente. O teor ótimo de umidade e a massa específica seca máxima do solo foram determinados através do ensaio de Proctor normal, conforme [11]. Com os resultados de granulometria e consistência o solo foi classificado como MH de acordo com [12]. A tabela 1 apresenta o resumo dos resultados dos ensaios de caracterização do solo.

Tabela 1: Propriedades do solo

Propriedades	Valor
Limites de Consistência	
Limite de Liquidez LL (%)	56
Limite de Plasticidade LP (%)	36
Índice de Plasticidade IP	21
Distribuição granulométrica	
Argila (< 0,002 mm) (%)	39
Silte (0,002-0,060 mm) (%)	37
Areia fina (0,060-0,200) (%)	20
Areia média (0,200-0,600) (%)	3,5
Areia grossa (0,600-2,000) (%)	0,5
Pedregulho (2,00-60,00) (%)	0,0
Ensaio de Proctor	
Densidade seca máxima (g/cm^3)	1,622
Teor de umidade ótimo (%)	26,20
Índice de vazios (na compactação)	0,90
Grau de saturação (na compactação) (%)	89,6
Classificação do solo	
Unified Soil Classification System	MH

Fonte: os autores.

Figura 1: Distribuição granulométrica do solo



Fonte: os autores.

CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

As cinzas foram coletadas na Usina Diamante, Jaú (SP), e submetidas a peneiramento, moagem e queima (Figura 2). Foram peneiradas em malha de 850 µm para remoção de impurezas, moídas em moinho rotativo e novamente peneiradas em malha de 0,075 mm e calcinadas em forno mufla a 600 °C (±5) por 4 horas, conforme [13].

Figura 2: Beneficiamento da CBC



Fonte: os autores.

Para determinar a finura utilizou-se [14]. A massa específica foi determinada segundo [15] e a massa unitária de acordo com [16]. A análise química para a cinza dessa caldeira foi realizada em estudo anterior [7], apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Propriedades física e química da CBC

Propriedades	**Valor**
Física	
Massa específica (g/cm³)	2,73
Finura por meio de peneira de 45µm porcentagem retida (%)	20
Massa unitária (g/cm³)	0,84
Química	
SiO_2 (%)	88,2
Fe_2O_3+Al_2O_3 (%)	7,4
K_2O+Na_2O (%)	1,4
TiO_2 (%)	1,0
CaO (%)	0,6
P_2O_5 (%)	0,4
MgO (%)	0,4
SO_3 (%)	<0,1

Fonte: os autores.

CIMENTO PORTLAND

Foi utilizado cimento do tipo CPV-ARI, fornecido pela LafargeHolcim do Brasil. Os resultados das características químicas, físicas e mecânicas entregues pelo fornecedor estão de acordo com [17] que estabelece os requisitos para cimento Portland.

O cimento CP V-ARI foi selecionado por apresentar elevada resistência inicial e reduzido teor de adições minerais, conforme [17]. Essa característica permite que as propriedades observadas sejam atribuídas predominantemente à incorporação da cinza de bagaço de cana-de-açúcar, reduzindo a influência de outros materiais cimentícios suplementares presentes no cimento.

DESENHO EXPERIMENTAL

A produção dos BTCs seguiu [18]. Foram avaliados quatro traços: referência (10% de cimento) e substituições de 10% (T10), 20% (T20) e 30% (T30) por CBC, em massa de cimento. O teor de cimento adotado no traço de referência baseou-se nas recomendações [19]. Para cada traço, foram produzidos 60 corpos de prova, ensaiados aos 14, 21 e 28 dias, totalizando 240 blocos (Figura 3).

A mistura foi realizada a seco (cimento + CBC), seguida da incorporação ao solo, adição de água até o teor ótimo e compactação em prensa manual. Após a desmoldagem, os blocos foram curados e posteriormente caracterizados por ensaios tecnológicos.

Figura 3: Blocos produzidos e em cura



Fonte: os autores.

CARACTERIZAÇÃO DOS BTCs

DENSIDADE SECA

A densidade seca foi determinada conforme [20], por meio da relação entre massa e volume dos blocos. As amostras foram secas em estufa a 100 °C até massa constante. O volume foi obtido a partir das dimensões externas e internas dos blocos, medidas com paquímetro.

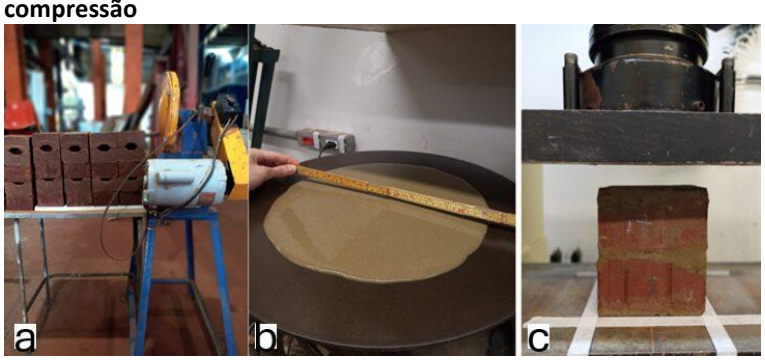
ABSORÇÃO DE ÁGUA

O ensaio de absorção de água foi realizado de acordo com [20]. Os blocos foram secos em estufa até massa constante (m_1). Em seguida, foram imersos em água por 1 min., 2 min., 3 min., 4 min., 5 min., 10 min., 15 min., 30 min., 45 min., 1 h, 1 h e 30 min., 2 h, 12 h, 18 h e 24 h, sendo posteriormente enxugados superficialmente e pesados (m_2). A absorção foi calculada como a variação percentual entre m_2 e m_1.

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A resistência à compressão foi determinada conforme [20], com 7 blocos por traço em cada idade. Os corpos de prova foram cortados (Figura 4a) e sobrepostos com camada de argamassa de 2–3 mm (Figura 4b), de resistência superior à do bloco. Os ensaios foram realizados com blocos saturados, após imersão por 6 horas, em máquina universal (300 kN), com taxa de carregamento de 500 N/s (Figura 4c).

Figura 4: a) Blocos cortados ao meio; b) preparação de argamassa; c) ensaio de resistência à compressão



Fonte: os autores.

CONDUTIVIDADE TÉRMICA

A condutividade térmica foi determinada pela técnica da placa quente protegida, utilizando equipamento de baixo custo desenvolvido por [21]. As amostras foram secas em estufa a 100 °C até massa constante e resfriadas à temperatura ambiente antes do ensaio. A temperatura foi monitorada por sensor Dallas acoplado a uma placa Arduino UNO, com controle de estabilização em 55 °C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DENSIDADE SECA

Os valores apresentados na Tabela 3 correspondem à média de três corpos de prova por mistura. A densidade seca média variou entre 1598 e 1732 kg/m³, representando uma variação de 7,74% entre os valores mínimo e máximo.

Tabela 3: Densidade seca

Tratamento	Idade (dias)	Massa seca (Kg)	Densidade seca (Kg/m³)
TR	14	2434,5 (1,257)	1611 (2,706)
	21	2458,8 (0,218)	1651 (1,905)
	28	2446,3 (1,382)	1655 (1,477)
T10	14	2476,7 (0,783)	1628 (1,351)
	21	2494,3 (0,778)	1598 (0,710)
	28	2468,5 (0,631)	1619 (1,834)
T20	14	2503,0 (1,015)	1629 (1,620)
	21	2575,8 (1,489)	1699 (1,012)
	28	2487,7 (0,443)	1634 (0,842)
T30	14	2572,3 (0,426)	1714 (1,274)
	21	2599,2 (0,437)	1732 (0,0587)
	28	2592,9 (1,734)	1726 (1,794)

(*) Coeficiente de variação entre parênteses

Fonte: os autores.

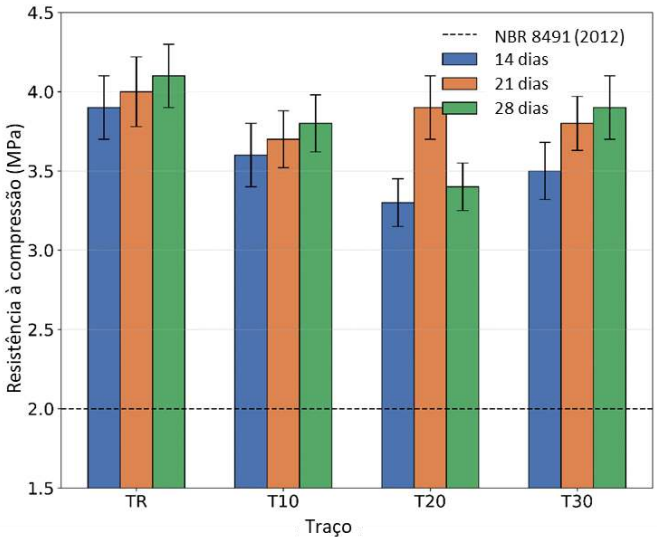
Os resultados indicam um aumento progressivo da densidade seca com o acréscimo de CBC. A mistura T30 apresentou densidade aproximadamente 5% superior à da mistura de referência. Esse comportamento decorre de melhor empacotamento das

partículas promovido pelas partículas finas da CBC, o que melhora a organização granular e reduz o volume de vazios na matriz [7].

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A Figura 5 ilustra a evolução da resistência à compressão ao longo do tempo para as diferentes misturas. Os blocos de referência apresentaram os maiores valores médios de resistência em todas as idades de cura. Ainda assim, todas as misturas contendo CBC atenderam aos requisitos mínimos estabelecidos pela norma [22], que especifica resistência média de 2,0 MPa e valor mínimo individual de 1,7 MPa para alvenaria não estrutural.

Figura 5: Resistência à compressão



Fonte: os autores.

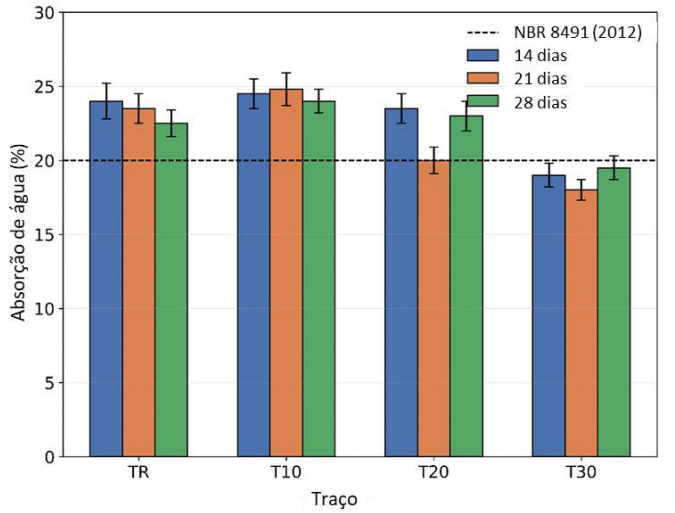
Todas as misturas atenderam aos requisitos de normas internacionais [23][24][25][26], o que amplia seu potencial de aplicação. Segundo [4], o bom desempenho dos blocos com CBC decorre da sua elevada área superficial, que favorece reações pozolânicas e melhora o empacotamento das partículas.

Quanto ao teor ideal de substituição, a literatura aponta valores entre 10% e 25% [27][28][29][7]. No entanto, o presente estudo demonstra que a substituição de até 30% de cimento por CBC é viável, com resistência superior às exigências normativas.

ABSORÇÃO DE ÁGUA

Os resultados apresentados na Figura 6 indicam que o aumento do teor de CBC reduz a absorção da água. Todos os blocos mantiveram sua integridade estrutural ao longo do ensaio, indicando bom desempenho frente à ação da água.

Figura 6: Absorção de água



Fonte: os autores.

A absorção foi monitorada de 1 minuto até 24 horas, conforme detalhado na seção de métodos. A maior taxa ocorreu na fase inicial (1–60 minutos), com mais de 50% da água absorvida nos primeiros 15 minutos, comportamento típico associado à ruptura de ligações entre partículas de argila e ligantes, aumentando a porosidade irreversível [30].

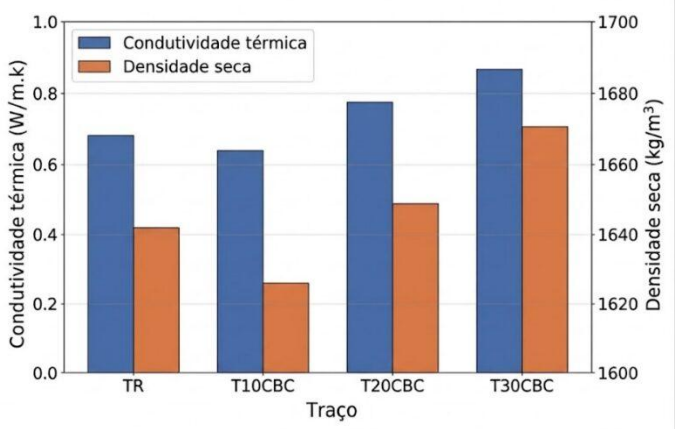
Os valores finais de absorção de água variaram de 18,27% a 24,24%, sendo compatíveis com aqueles observados em outros blocos de construção, como tijolos cerâmicos (0-30%), blocos de concreto (4-25%) e tijolos de sílica (6-16%) [31].

Observou-se relação inversa entre densidade seca e absorção de água. Apenas os blocos com densidade superior a 1699 kg/m³ apresentaram absorção inferior ao limite de 20% após 24 horas, conforme requisito [22].

CONDUTIVIDADE TÉRMICA

A Figura 7 apresenta os valores médios de condutividade térmica e densidade seca obtidos a partir de duas amostras por mistura. Os valores variaram entre 0,641 e 0,867 W/(m·K).

Figura 7: Condutividade térmica



Fonte: os autores.

Observou-se uma correlação direta entre a densidade seca e condutividade térmica. O aumento da densidade, de 1626 para 1671 kg/m³, resultou em maiores valores de condutividade térmica, implicando menor capacidade de isolamento térmico. Esse comportamento é amplamente relatado na literatura [32][33][34]. Segundo [34], essa relação ocorre porque a redução da densidade aumenta a porosidade, o que favorece o aprisionamento de ar nos poros.

Os resultados ficaram abaixo do limite estabelecido [35], que define o valor máximo de 1,00 W/(m·K) para tijolos de argila com densidade entre 1600 e 1800 kg/m³.

CONCLUSÕES

Este estudo avaliou a viabilidade da utilização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como substituto parcial do cimento Portland na produção de blocos de terra comprimida (BTC) estabilizados com 10% de cimento. Os resultados demonstraram que a incorporação de CBC é uma alternativa tecnicamente viável, mesmo para solos com elevada fração fina e baixa resistência mecânica inicial. Com estabilização de 10% de cimento (em massa do solo) e substituindo-se o cimento por CBC os blocos produzidos atenderam ao requisito de resistência à compressão das normas nacionais e internacionais.

Quanto à absorção de água, os valores foram influenciados pela densidade dos blocos. Apenas os blocos com densidade superior a 1699 kg/m³ atenderam ao limite de ≤20% estabelecido pela NBR 8491 (2012). A absorção de água ocorre mais intensamente nos primeiros 60 minutos, com mais de 50% do total sendo absorvido nos primeiros 15 minutos, em relação ao total acumulado em 24 horas.

A condutividade térmica apresentou relação direta com a densidade seca, de modo que materiais menos densos exibiram melhor desempenho térmico, associado ao aumento da porosidade e ao aprisionamento de ar na matriz. Todos os tratamentos ficaram abaixo do limite estabelecido NBR 15220-2, que define o valor máximo de 1,00 W/(m·K) para tijolos de barro com densidade entre 1600 e 1800 kg/m³.

Entre as misturas avaliadas, a substituição de 30% do cimento por CBC apresentou o melhor desempenho global, mantendo resistência mecânica compatível com as exigências normativas, reduzindo a absorção de água e atendendo aos requisitos de condutividade térmica. Essa substituição representa uma redução de 30% no consumo de cimento utilizado na estabilização dos blocos (de 10% para 7% em relação à massa do solo), contribuindo para a diminuição do uso de um material de elevada emissão de CO_2 e para o aproveitamento de um resíduo agroindustrial de difícil destinação.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação dos teores de substituição e a realização de análises de ciclo de vida, a fim de quantificar os benefícios ambientais e econômicos associados ao uso da cinza de bagaço de cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”, e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

DECLARAÇÃO DE USO/NÃO USO DE IA

Durante a preparação deste artigo, o primeiro autor utilizou o Gemini versão 3.5 Flash para auxiliar na tradução e na revisão gramatical do texto. Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] SEKHAR, D.; NAYAK, S. Utilization of Granulated Blast Furnace Slag and Cement in the Manufacture of Compressed Stabilized Earth Blocks. **Constr. Build. Mater**., v. 166, p. 531–536, 2018.

[2] Lan, X., Tans, P. and K.W. Thoning: **Trends in globally-averaged CO2 determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements.** Version Thursday, 05-Mar-2026. https://doi.org/10.15138/9N0H-ZH07

[3] YATAWARA, M.; ATHUKORALA, S. Potential of Replacing Clay Soil by Rice Husk Ash (RHA) in Enhancing the Properties of Compressed Earth Blocks (CEBs). **Environment, Development and Sustainability**, v. 23, n. 3, p. 3474–3486, 2021.

[4] ELAHI, T. E. et al. Engineering characteristics of compressed earth blocks stabilized with cement and fly ash. **Construction and Building Materials**, v. 277, p. 122367, 2021.

[5] ALAVÉZ-RAMÍREZ, R. et al. The use of sugarcane bagasse ash and lime to improve the durability and mechanical properties of compacted soil blocks. **Constr. Build. Mater.,** [S. l.], v. 34, p. 296-305, 2012.

[6] FAIRBAIRN, E. M. R. et al. Cement replacement by sugar cane bagasse ash: CO2 emissions reduction and potential for carbon credits. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 91, p. 1.864-1.871, 2010.

[7] LIMA, S. A. et al. Analysis of the mechanical properties of compressed earth block masonry using the sugarcane bagasse ash**. Constr. Build. Mater**., [S. l.], v. 35, p. 829-837, 2012.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: solo: análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: solo: determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180:** solo: determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**: solo: ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

[12] ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D2487-17**: Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System). West Conshohocken, 2017.

[13] SOARES, M. M. N. S. **Influência das condições de queima nas características físico-químicas das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar**. 2010. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

[14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15894-3**: Metacaulim para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta - Parte 3: Determinação da finura por meio da peneira 45 µm. Rio de Janeiro, 2010.

[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

[16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972**: Agregados – Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, 2021.

[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

[18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10833**: fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica: procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

[19] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12253:** solo-cimento: dosagem para emprego como camada de pavimento. Rio de Janeiro, 2012.

[20] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8492**: Tijolo de solocimento - Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água - Método de ensaio. Rio de Janeiro-RJ, 2012.

[21] LUCAS, Cláudio Nelson Mateus. **Concretos leves com agregados reciclados: propriedades físico-mecânicas e térmica.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2021.

[22] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491:** Tijolo de solo-cimento - Requisitos. Rio de Janeiro-RJ, 2012.

[23] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. **UNE 41410**: Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques: definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. Madri, 2008.

[24] ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. **XP P13-901**: Blocs de terre comprimée pour murs et cloisons: définitions, spécifications, méthodes d'essais et conditions de réception. Paris: AFNOR, 2001.

[25] STANDARDS NEW ZEALAND. **NZS 4298**: Materials and workmanship for earth buildings. Wellington, 1998.

[26] BUREAU OF INDIAN STANDARDS. **IS 1725**: Stabilized soil blocks used in general building construction - Specification. New Delhi, 2013.

[27] MOURA, E. M. de *et al.* Caracterização e uso da cinza do bagaço de cana-de-açúcar em tijolos de solo-cimento. **Ambient. Constr**., v. 21, n. 1, p. 69–80, 2021.

[28] SALIM, W.R. et al. Improving the Bearing Strength of Sandy Loam Soil Compressed Earth Block Bricks Using Sugarcane Bagasse Ash. Sustainability. [S.l.] v.6, p. 3686- 3696, jun. 2014.

[29] FERRARI, V. J. et al. Tijolos vazados de solo-cimento produzidos com solo da Região do Arenito Caiuá do Paraná. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 131-148, jul./set. 2014.

[30] 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, p. 123693, jan. 2021.

[31] TEIXEIRA, E. R. et al. Mechanical and Thermal Performance Characterisation of Compressed Earth Blocks. **Energies,** v. 13, n. 11, p. 2978, 10 jun. 2020.

[32] JOSE, A., KASTHURBA A.K. Laterite soil-cement blocks modified using natural rubber latex: Assessment of its properties and performance. **Construction and Building Materials**, V. 273, p. 121991 Mar. 2021.

[33] VILELA A.P. et al. Technological properties of soil-cement bricks produced with iron ore mining waste. **Construction and Building Materials**. v. 262, nov. 2020, p.120883

[34] MANSOUR, Mohamed Ben et al. Optimizing thermal and mechanical performance of compressed earth blocks (CEB). **Construction and Building Materials**, v. 104, p. 44-51, 2016.

[35] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2:** Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2012.