

**Avaliação da absorção de água em blocos de terra comprimida
estabilizados com cinza de bagaço de cana-de-açúcar em substituição
parcial ao cimento Portland.**

Jeferson Fernando Corrêa Antonelli

Mestrando, UNESP, Brasil
j.antonelli@unesp.br

Maximiliano dos Anjos Azambuja

Professor Doutor, UNESP, Brasil
m.azambuja@unesp.com

RESUMO

As alternativas sustentáveis para produção de materiais de construção civil são cada vez mais exigidas pela sociedade como resposta às crescentes preocupações mundiais com o meio ambiente. O esforço para o desenvolvimento de tais alternativas é justificável pelo grau de contribuição do setor para o problema. O estudo relatado neste artigo incidiu sobre as propriedades de durabilidade de blocos de terra comprimida, avaliando o efeito da estabilização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) em substituição ao cimento Portland na resistência à absorção de água. Foram confeccionados quatro traços de BTC, sendo um de referência com 10% de cimento em massa em relação ao solo e outros três traços com teores de 10%, 20% e 30% de CBC em substituição ao cimento. Foram realizados ensaios de densidade seca e de absorção de água nos blocos conforme a NBR 8492 (2012), nas idades de 14, 21 e 28 dias. Os resultados evidenciaram a eficácia da CBC como agente cimentante na formação de uma matriz aglutinante para as partículas do solo. A porcentagem ótima de substituição de cimento Portland por CBC foi de 30%. Nessa dosagem a densidade seca foi 6% maior que o traço de referência e obteve absorção de água 13% menor em relação à referência.

PALAVRAS-CHAVE: Tijolo solo-cimento. Cinza de bagaço de cana-de-açúcar. Tijolo ecológico.

1 INTRODUÇÃO

Os Blocos de terra comprimida (BTC) são essencialmente adobes - um dos primeiros elementos de estruturas fabricadas pelo homem - porém produzidos utilizando compactação mecânica, o que lhes confere inovação, maior segurança e durabilidade (ASTME2392M-10, 2016). No entanto, a sociedade ainda tem algumas percepções erradas sobre as construções feitas com BTCs, considerando-os como um material menos duráveis (Nshimiyimana *et al*, 2021). Neste sentido, são importantes os estudos científicos em relação a durabilidade de materiais de construção de terra. No que se refere a qualidade do BTC é importante o controle das características do solo, sobretudo a distribuição do tamanho de suas partículas, pois cada variação na graduação pode variar a estrutura do solo, plasticidade, coesão, permeabilidade e impactando na sua durabilidade (Kasinikota; Tripura, 2021).

Recomenda-se a adição de areia ou estabilização com aglutinante hidráulico para solo com predominância de argila em sua composição, um percentual elevado de argila é um grande problema para a qualidade dos BTCs, pois favorece o aparecimento de fissuras após o processo de hidratação (Azevedo *et al*, 2019). Todavia, tijolos feitos de solo com alto percentual de finos mostraram satisfatória resistência à água quando estabilizados com cimento, pozolânas ou feita a reestruturação da curva granulométrica com areia (Islam *et al*, 2020). Neste contexto, o cimento é um estabilizador amplamente utilizado no BTC, no entanto, sua produção envolve emissões significativas de CO₂, segundo Alavéz-Ramírez *et al* (2012) cada tonelada de cimento produz aproximadamente uma tonelada de CO₂, tornando a indústria de cimento responsável por cerca de 5% das emissões globais, contribuindo assim para mudanças climáticas.

Devido as preocupações ambientais com a utilização do cimento na estabilização do solo, Moura *et al* (2020) utilizaram a cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) em substituição parcial do cimento para produção de BTC. Devido à estabilização da CBC foi possível alcançar resistência à absorção de água satisfatória para solo, com aproximadamente 97,35% de argila e silte.

O indicador mais desafiador da durabilidade e estabilidade do BTC é a absorção de água, pois afeta negativamente a resistência mecânica quando os blocos são expostos a condições de inundação e chuvas fortes, quanto menos água um bloco absorve melhor seu

desempenho estrutural e maior sua durabilidade. A redução da capacidade total de absorção de água de um bloco tem sido considerada uma forma de melhorar sua qualidade (Teixeira *et al*, 2021). De um modo geral, a entrada de umidade ocorre principalmente a partir da chuva impulsionada pelo vento, da condensação, infiltração e absorção de água do solo. Dependendo da taxa de absorção, a água pode enfraquecer a integridade e a resistência mecânica da estrutura de terra. Portanto, é essencial avaliar a resistência à absorção de água dos blocos de terra comprimida (Nshimiyimana *et al*, 2021).

O presente estudo faz uma avaliação de como a estabilização com diferentes porcentagens de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (ligante pozolânico) em substituição ao cimento afeta o desempenho de absorção de água dos blocos de terra comprimida (com alto teor de finos) em comparação com os blocos estabilizados apenas com cimento.

2 OBJETIVO

Avaliar a resistência à água de blocos de solo-cimento estabilizados com cinza de bagaço de cana-de-açúcar em substituição parcial ao cimento Portland.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Solo

O solo utilizado foi coletado na Pedreira Nova Fortaleza, localizada no município de Pederneiras, SP, coordenadas 22° 21' 34.160" S, 48° 47' 25.894" O. Foram feitas as avaliações de compactação e de caracterização, conforme a NBR 6457 (2016). Para caracterização da granulometria do solo foi utilizada como referência a NBR 7181 (2016). Os limites de consistência foram determinados pela NBR6459 (2016) para o limite líquido e a NBR 7180 (2016) para o limite de plasticidade. O ensaio de compactação proctor foi realizado de acordo com a NBR 7182 (2016). A distribuição do tamanho dos grãos indica solo com alto teor de grãos finos, sendo 87,8% de frações de argila, silte e areia fina. As propriedades de consistência com os limites líquidos e plásticos são 56% e 36% (Tabela 1) segundo a AASHTO, é classificado A-7-5.

Tabela 1 - propriedades do solo

Ensaio		Valor
Limites de Consistência (%)	Limite Líquido (LL)	56
	Limite Plástico (LP)	36
	Índice de plasticidade (IP)	21
Distribuição granulométrica (%)	Argila (< 0,002 mm)	39
	Silte (0,002-0,06 mm)	37
	Areia fina (0,06-0,2 mm)	11,8
	Areia média (0,2-0,6 mm)	2,6
	Areia grossa (0,6-2,0 mm)	0,6
Massa específica seca máxima	g/cm ³	1,622
Teor de umidade ótimo	(%)	26,2
Massa específica dos sólidos	g/cm ³	3,084
Índice de vazios (na compactação)	(%)	0,90
Grau de saturação (na compactação)	(%)	89,6

Fonte: AUTOR, 2021.

As propriedades de granulometria e consistência do solo não atendem as exigências da NBR 10833 (2012), pois estabelece que o solo precisa passar 100% pela peneira de abertura de malha de 4,75mm, e 10% a 50% de material deve passar pela peneira com abertura de malha de 0,075 mm. O solo teve 100% de sua massa passando pela peneira 4,8mm, satisfazendo a recomendação normativa. No entanto, em relação à porcentagem de solo que passou pela peneira 0,075 mm, não atendeu o critério, passando 85,1%. Nenhuma correção de classificação foi aplicada, pois Laborel-Preneron *et al* (2017) demonstraram que é possível fabricar BTCs com essa granulometria, os autores produziram blocos com teor de 99% das partículas menores que 0,080 mm, conseguindo resposta satisfatórias de resistência à água. Yatawara; Athukorala (2021) também tiveram incompatibilidade de textura do solo com as normas, os valores para o solo do trabalho foram de 33,9%, de argila, 27,8% de silte e 38,3% de areia, no entanto, os autores mencionam que para solo argiloso deve ser feita a estabilização química com cimento.

3.2 Cinza de bagaço de cana-de-açúcar

A Cinza de Bagaço de Cana-de-açúcar (CBC) foi coletada na Usina Diamante, situada no município de Jaú, estado de São Paulo. Para utilização a cinza foi seca em estufa a 105 °C por 24h para retirar a umidade, conforme Vasconcelos (2013), na sequência foi feito o peneiramento utilizando a peneira com abertura de 850 µm para uniformizar e remover material orgânico. A CBC passou por beneficiamento (figura 1) de moagem por 24 horas em um moinho de 24 bolas, 12 bolas com diâmetro de 45 mm com peso de 340 g e 12 bolas de diâmetro de 25 mm com peso de 90 g, com 33 rotação de moagem por minuto. A queima foi feita a 600 °C por 4 horas conforme Soares (2010). As propriedades físicas foram verificadas (Tabela 2). Para determinar a finura por meio da peneira de 45 µm utilizou-se a NBR 15894-3 (2010). A massa específica foi determinada segundo a NBR 16605 (2017) e a massa unitária de acordo com a NBR16972 (2021). O índice de desempenho de materiais pozolânicos com cimento Portland aos 28 dias foi conduzido conforme a NBR 5752 (2014).

Figura 1 - Processo de beneficiamento da CBC



Fonte: AUTOR, 2021.

Tabela 2 - Propriedades físicas da CBC.

Propriedades físicas		Valor
Massa específica	g/cm ³	2,73
Finura por meio da peneira de 45	% retida em gramas	20
Massa unitária	g/cm ³	0,84
Índice de atividade pozolânica com cimento Portland aos 28 dias	(%)	113

Fonte: AUTOR, 2021

3.3 Cimento Portland

Foi utilizado o Cimento Portland - CPV-ARI Holcim que possui alta resistência inicial. O traço de referência foi dosado com 10% em massa, pois maiores teores são antieconômicos.

3.4 Proporção de dosagem

O teor de 10% de cimento foi escolhido como o traço de referência (TR) para ser substituído por CBC, nos teores de 10% (T10CBC), 20% (T20CBC) e 30% (T30CBC), Tabela 3. Segundo a ABCP em seu estudo técnico 35, para este tipo de solo é preferível utilizar 13% de cimento. No entanto segundo Moura *et al* (2021) 10% de cimento é suficiente para atender os requisitos de absorção de água para solo com alto teor de finos. Foram avaliados 3 blocos por idade, aos 14, 21 e 28 dias. Totalizando uma produção de 9 blocos por traço e 36 no geral.

Tabela 3 - Detalhes das proporções de materiais por massa.

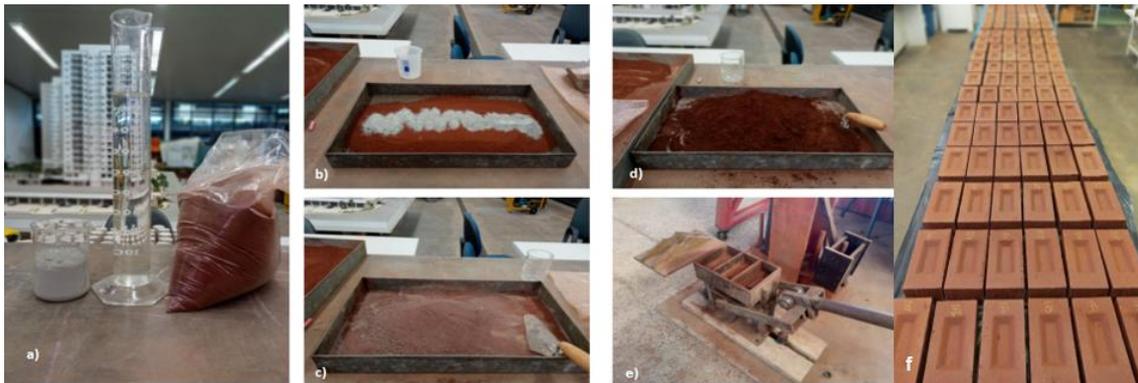
Tratamento	Solo	Cimento	CBC	Água	Produção
	(g)	(g)	(g)	(g)	Unidade
TR	2160,0	216,0	00,0	594,0	9
T10CBC	2160,0	194,4	21,6	594,0	9
T20CBC	2160,0	172,8	43,2	594,0	9
T30CBC	2160,0	151,2	64,8	594,0	9

Fonte: AUTOR, 2021.

3.5 Produção dos blocos

Para fabricar os blocos de solo-cimento foi utilizada uma prensa manual com uma energia de compactação de 3,98 kg/cm² e blocos com dimensões de 230x110x55 mm. O solo antes de ser misturado com cimento foi destorroado e peneirado (peneira com abertura de 4,75 mm) para remoção de materiais estranhos, em seguida foi seco por 24 horas em estufa a 100°C. A Figura 2 demonstra o processo de manufatura do traço de referência: (a) os materiais foram separados, (b) cimento foi adicionado ao solo e (c) homogeneizado, (d) a água foi adicionada até o teor ótimo, após a realização da mistura o material foi lançado na prensa manual de compactação (e). Os blocos ejetados foram pesados e curados por 14, 21 e 28 dias na bancada do laboratório sobre plástico umedecido antes do teste (f).

Figura 2 - Processo de beneficiamento da CBC



Fonte: AUTOR, 2021.

3.6 Ensaio de densidade seca

A densidade foi avaliada segundo a NBR 8492 (2012) cada bloco foi seco em estufa a 105 °C até massa constante. Em seguida, os blocos foram deixados esfriar até a temperatura ambiente e obtido a massa por meio de balança eletrônica. O volume foi calculado medindo comprimento, altura e largura utilizando um paquímetro digital. A densidade seca foi calculada usando a Equação (1).

$$densidade = \frac{(1) \text{ massa}}{\text{volume}}$$

3.7 Ensaio de resistência à absorção de água

O indicador mais desafiador da durabilidade e estabilidade do BTC é a absorção de água, que também afeta negativamente a resistência mecânica quando os blocos são expostos a condições de inundação e chuvas fortes (Nshimiyimana *et al*, 2021). Segundo Teixeira *et al* (2021) quanto menos água um bloco absorve, melhor seu desempenho estrutural e durabilidade. A redução da capacidade total de absorção de água de um bloco tem sido considerada como uma forma de melhorar sua qualidade.

A absorção de água foi determinada de acordo com a norma NBR 8492:2012. Na realização do ensaio para cada traço foram utilizados três blocos, que foram secos por 24 horas na estufa a 105 °C. Após a secagem os blocos foram pesados, e assim determinada a massa seca de cada um. Na sequência os blocos foram imersos na água por 1 minuto, 60 minutos e 24 horas conforme Akinyemi *et al* (2021) e Teixeira *et al* (2021) para obtenção da massa saturada (Figura 3). O resultado de absorção de água do BTC é expresso pela equação (2).

$$A = (m_2 - m_1) / (m_1) \times 100 \quad (2)$$

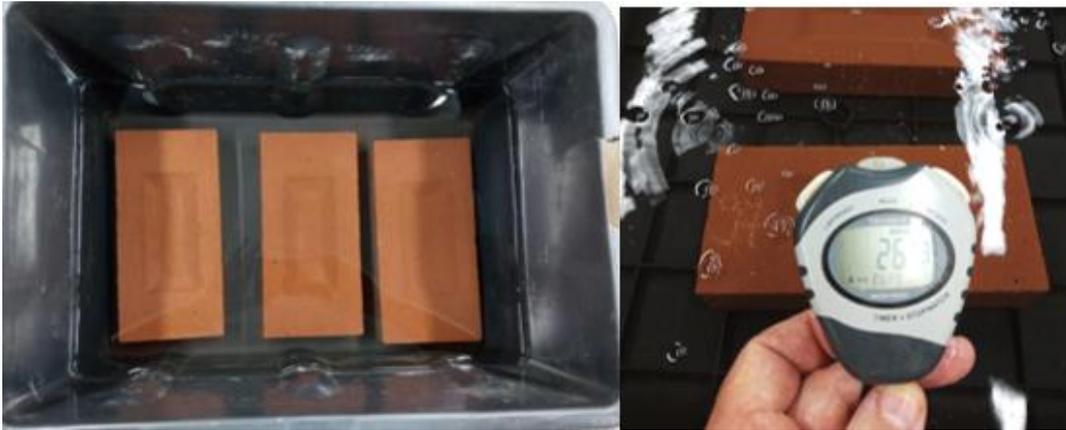
onde:

A = absorção de água (%);

m_1 = massa do BTC seco (g);

m_2 = massa do BTC saturado (g).

Figura 3 – Blocos imersos em água



Fonte: AUTOR, 2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Densidade seca

Em relação à densidade, os resultados apresentados na Tabela 4 indicam densidade constante em cada lote produzido, Cottrell *et al* (2021) atribui isso ao método preciso de determinação da dosagem do material. Segundo Yatawara; Athukorala (2021) a densidade do BTC está na faixa de 1,5 - 2,0 Kg/m³, logo os 4 tratamentos permaneceram na faixa aceitável de produção.

Tabela 4 - Densidade seca dos blocos.

Tratamento	Massa seca (Kg)	Densidade (Kg/m ³)	Idade (dias)
TR	2,43459	1,611 (0,05)	14
	2,45887	1,651 (0,03)	21
	2,44636	1,655 (0,03)	28
T10CBC	2,47673	1,628 (0,02)	14
	2,49431	1,598 (0,01)	21
	2,46856	1,619 (0,03)	28
T20CBC	2,50335	1,629 (0,03)	14
	2,57580	1,699 (0,02)	21
	1,48771	1,634 (0,02)	28
T30CBC	2,57230	1,714 (0,02)	14
	2,59929	1,732 (0,00)	21
	2,59294	1,726 (0,03)	28

Desvio Padrão entre parêntese.

Fonte: AUTOR, 2021.

4.2 Ensaio de resistência à absorção de água

A tabela 5 apresenta o efeito da substituição do cimento por CBC na capacidade de absorção de água dos blocos. À medida que a quantidade de CBC aumenta, a absorção de água diminui, isso ocorre devido à redução dos espaços vazios entre as partículas de solo que são

preenchidas pela formação de gel dos produtos pozolânicos e de hidratação do cimento. Essa descoberta foi a mesma para Moura *et al* (2020).

Tabela 5 - valores de absorção de água

Tratamentos	Absorção de água (%)				
	1 minuto	120 min.	1440 min.	Tratamento de resina	Idade (dias)
TR	3,31 (0,26)	20,85 (0,84)	24,17 (1,12)	-	14
	2,97 (0,19)	19,68 (0,41)	23,42 (0,84)	-	21
	2,71 (0,24)	19,61 (1,36)	22,79 (0,56)	6,68 $DP_{3,0}$	28
T10CBC	3,61 (0,03)	22,48 (0,70)	24,13 (1,01)	-	14
	4,68 (0,56)	22,64 (0,07)	24,24 (0,22)	-	21
	4,49 (0,55)	22,86 (0,48)	23,91 (1,15)	10,57 $DP_{5,63}$	28
T20CBC	3,86 (1,07)	22,63 (1,47)	23,38 (1,51)	-	14
	3,08 (0,44)	18,08 (1,59)	19,88 (1,32)	-	21
	3,52 (0,04)	20,33 (1,15)	22,96 (0,55)	4,29 $DP_{0,02}$	28
T30CBC	3,21 (0,12)	17,07 (1,53)	19,24 (0,68)	-	14
	3,06 (0,27)	16,31 (0,87)	18,28 (0,33)	-	21
	3,16 (0,73)	16,99 (0,93)	19,88 (0,79)	5,23 $DP_{3,24}$	28

Desvio Padrão entre parêntese.

Fonte: AUTOR, 2021.

A porcentagem de absorção de água é maior nos primeiros minutos, com o passar do tempo o índice aumenta, porém em menor ritmo, o TR absorveu 13% com um minuto, 85% com 60 minutos em relação ao tempo total de absorção de água de 1440 minutos. Para os traços T10CBC, T20CBC e T30CBC a absorção de água em relação ao seu valor total, no primeiro minuto foi de 18%, 16% e 16% respectivamente, e aos 60 minutos T10CBC, T20CBC, T30CBC absorveram 94%, 92%, 88%, respectivamente. Segundo Akinyemi *et al* (2021) isso ocorre porque a absorção de água progride mais rapidamente durante a fase inicial de 1 a 60 minutos do que na fase posterior de 1440 minutos, devido à ruptura das ligações ativas entre as partículas de argila e os ligantes. Isso causa uma mudança irreversível na estrutura das partículas de argila pelo aparecimento de mais poros e conseqüentemente reduzindo a durabilidade.

Segundo Sekhar e Nayak (2018) a densidade afeta significativamente as propriedades de durabilidade dos blocos de terra comprimida, os resultados de densidade comparados com de absorção de água demonstra que somente os blocos que atingiram densidade acima de 1,699 Kg/m³ obtiveram índice de absorção de água aos 1440 minutos abaixo do estipulado pela norma técnica NBR 8491 (2012) de 20%.

Os valores de absorção total de água variaram entre 18,27% e 24,24%, sendo esses valores parecidos quando comparados com os resultados apresentados por Teixeira *et al* (2020) para tijolos de argila queimada (0-30%), blocos de concreto (4-25%) ou tijolos de silicato de cálcio (6-16 %).

Além disso, foi feito o estudo do efeito de tratamento arquitetônico com a adição de verniz acrílico para dar maior proteção e melhor acabamento nos blocos. Foram aplicadas duas demãos com a ajuda de um pincel, com intervalos de 4 horas entre demãos, nos blocos de 28 dias de idade. Os resultados mostram uma redução de absorção de água de 71% para o TR, 56% T10CBC, 81% T20CBC e 73% para o T30CBC.

Finalmente, concluiu-se que os blocos feitos com 10% de cimento substituídos por 30% de cinza de bagaço de cana-de-açúcar podem ser utilizados na construção de alvenaria em termos de resistência à absorção de água como sugerido pela norma brasileira NBR 8491 (2012) que determina média de valores menor que 20% e valores individuais menores que 22%.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, foram analisadas a estabilização química com 10% em massa de cimento Portland e avaliados três teores cinza de bagaço de cana-de-açúcar, 10%, 20% e 30% em substituição do cimento, em termos de resistência à absorção de água.

A porcentagem ótima de substituição do cimento Portland por CBC foi de 30%.

A melhora das propriedades físicas dos blocos em termos de resistência à absorção de água e densidade é um aspecto positivo da cinza de bagaço de cana-de-açúcar utilizada como estabilizador. À medida que foi aumentando a quantidade de cinza a absorção de água diminuiu.

De modo geral, cada lote produzido teve uma densidade constante, devido ao método preciso de dosagem do material, e os 4 tratamentos permaneceram em uma faixa aceitável para produção de BTC, estimada em 1,5 – 2,0 Kg/m³. A média de densidade seca entre as idades para cada traço foi de 1,639 TR; 1,615 T10CBC; 1,654 T20CBC e 1,724 Kg/m³ para T30CBC.

A resistência à absorção de água foi alcançada de maneira ideal com a estabilização de 30% de CBC, havendo uma melhora de 13% na resistência à absorção de água em relação ao traço de referência.

A porcentagem de absorção de água foi maior nos primeiros minutos e com o passar do tempo o índice aumentou, porém em menor ritmo. O comportamento dos blocos foi de absorção de 15% no primeiro minuto e 90% com 60 minutos em relação ao tempo total de absorção de água de 1440.

A norma brasileira NBR 8491 (2012) determina média de valores menor que 20% e valores individuais menores que 22% para absorção de água por blocos de terra comprimida após imersão de 24 horas. Os tratamentos que atenderam o requisito foram: TR aos 14 dias, 20% de CBC aos 14 dias e 30% de CBC em todas as idades.

Quando feito o tratamento arquitetônico com a adição de verniz acrílico para dar maior proteção e melhor acabamento nos blocos, os resultados mostraram uma redução de absorção de água de 71%, 56%, 81% e 73% para TR, T10CBC, T20CBC e T30CBC respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP – Campus de Bauru) pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP. Dosagem das misturas de solo-cimento - normas de dosagem e métodos de ensaios. 3 ed. São Paulo: ABCP, Boletim Técnico ET-35, 2004.

AKINYEMI, B. A.; OROGBADE, B. O.; OKORO, C. W. The Potential of Calcium Carbide Waste and Termitic Mound Soil as Materials in the Production of Unfired Clay Bricks. *Journal of Cleaner Production*. v. 279, p. 123693, jan. 2021.

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

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E2392 / E2392M-10**, Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5752**: Materiais pozolânicos - Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro, 2014.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: amostras de solo: preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

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

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8491**: Tijolo de solo-cimento — Requisitos. Rio de Janeiro-RJ, 2012.

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

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.

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.

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

AZEVEDO, A. R. G. et al. Assessing the Potential of Sludge Generated by the Pulp and Paper Industry in Assembling Locking Blocks. *Journal of Building Engineering*, v. 23, p. 334–340, mai. 2019.

COTTRELL, J. A. et al. An Investigation into the Influence of Geometry on Compressed Earth Building Blocks Using Finite Element Analysis. *Construction and Building Materials*. v. 273, p. 121997, mar. 2021.

ISLAM, M. S. et al. Effectiveness of Fly Ash and Cement for Compressed Stabilized Earth Block Construction. *Construction and Building Materials*, v. 255, p. 119392, set. 2020.

KASINIKOTA, P.; TRIPURA, D. D. Evaluation of Compressed Stabilized Earth Block Properties Using Crushed Brick Waste. **Construction and Building Materials**, v. 280, p. 122520, abr. 2021.

LABOREL-PRENERON, A. Effect of Plant Aggregates on Mechanical Properties of Earth Bricks. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 29, p. 04017244, dec. 2017.

LIMA, S.A. et al. Analysis of the mechanical properties of compressed earth block masonry using the sugarcane bagasse ash. **Construction and Building Materials**. [S.l.] v. 35, p. 829-837, oct. 2012.

MOURA, E. M. de et al. Caracterização e uso da cinza do bagaço de cana-de-açúcar em tijolos de solo-cimento. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 1, p. 69-80, jan. 2021.

NSHIMIYIMANA, P.; MESSAN, A.; COURARD, L. Hydric and Durability Performances of Compressed Earth Blocks Stabilized with Industrial and Agro By-Product Binders: Calcium Carbide Residue and Rice Husk Ash. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 33, n. 6, p. 04021121, jun. 2021.

SEKHAR, D.; NAYAK, S. Utilization of Granulated Blast Furnace Slag and Cement in the Manufacture of Compressed Stabilized Earth Blocks. **Construction and Building Materials**. v. 166, p. 531-536, mar. 2018.

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

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

VASCONCELOS, M. C.A. **Avaliação da atividade pozolânica da cinza do bagaço de Cana-de-açúcar utilizando métodos físicos**. 2013. Dissertação (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

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, mar. 2021.