

USO DE GESSO RECICLADO NA CONFECÇÃO DE TIJOLOS DE ADOBE

Raiane Miriele Faria Silva

Universidade Federal de Mato Grosso/Instituto de Ciências Exatas e da Terra/Barra do Garças/Brasil

Raul Tadeu Lobato Ferreira*

Universidade Federal de Mato Grosso/Instituto de Ciências Exatas e da Terra/Barra do Garças/Brasil

RESUMO

O gesso é um material que possui grande utilidade no setor construtivo, e os resíduos provenientes de seu uso são decorrentes principalmente dos recortes de elementos pré-moldados, e problemas relacionados ao seu tempo de pega. A deposição desses resíduos de forma inadequada na natureza pode provocar alterações na alcalinidade do solo, contaminação de lençóis freáticos, além de possibilitar a formação de gás sulfídrico, que é inflamável e tóxico. Visando minimizar esses problemas, técnicas para a redução ou reaproveitamento desses resíduos podem ser aplicadas. Nesse contexto, o presente estudo propõe a utilização do resíduo de gesso para a fabricação de tijolos de adobe. Foram moldados blocos com adição de 0,50%, 2,50% e 5,00% de gesso reciclado, que foram avaliados quanto à resistência compressão uniaxial, retração e estabilidade quando imersos em água. Também foram feitas análises em blocos confeccionados com gesso comercial nos mesmos teores, no sentido de avaliar a eficiência do processo de reciclagem deste aglomerante. A adição de gesso reciclado alterou os limites de consistência do solo e promoveu ganhos de resistência da mesma ordem que aqueles verificados para o gesso comercial. Os valores de resistência verificados com o uso do gesso chegam a ser maiores que os valores obtidos utilizando outros aglomerantes. No entanto, os blocos confeccionados apresentaram valores de retração inadequados e sensibilidade na presença de água. De todo modo, se observa que o uso de gesso para a confecção de blocos ecológicos, para vedação interna, é uma alternativa em potencial para destinação deste resíduo.

PALAVRAS-CHAVE: Construção com terra, Tijolos de Adobe, Resíduo de Construção Civil, Gesso.

ABSTRACT

Gypsum is a material of great utility in the construction sector, and the waste generated from its use mainly comes from cutting precast elements and issues related to its setting time. Improper disposal of these wastes in nature can lead to changes in soil alkalinity, contamination of groundwater, and the formation of hydrogen sulfide gas, which is both flammable and toxic. To mitigate these issues, techniques for waste reduction or reuse can be applied. In this context, the present study proposes the use of gypsum waste for the production of adobe bricks. Blocks were molded with the addition of 0.50%, 2.50%, and 5.00% of recycled gypsum, and were evaluated for uniaxial compressive strength, shrinkage, and stability when immersed in water. Analyses were also conducted on blocks made with commercial gypsum at the same percentages, aiming to assess the efficiency of the recycling process of this binder. The addition of recycled gypsum altered the soil consistency limits and promoted strength gains of the same order as those observed for commercial gypsum. The compressive strength values obtained with the use of gypsum can even be higher than those obtained using other binders. However, the manufactured blocks showed sensitivity in the presence of water and inappropriate shrinkage values. Nonetheless, it is observed that the use of gypsum for the production of ecological blocks, for internal sealing, is a potential alternative for the disposal of this waste.

KEYWORDS: Earthen Building, Adobe brick, Civil Construction Waste, Gypsum.

*Autor correspondente: raul.ferreira@ufmt.br



1. INTRODUÇÃO

A indústria da Construção Civil é um setor de grande relevância na economia brasileira, mas ao mesmo tempo, também é responsável por gerar grande parte dos resíduos sólidos urbanos (RSU), cerca de 60% do total de RSU, em 2022 (ABRELPE, 2022). Na maioria dos casos, esses resíduos não são tratados corretamente, provocando a contaminação do solo e de águas superficiais e subterrâneas. Dentre os resíduos da construção civil (RCC), o gesso é um dos que oferece risco de contaminação ao meio ambiente, quando mal gerenciado. A disposição de gesso em aterros sanitários não é uma prática recomendada, exceto quando enclausurado, visto que quando em contato com o lixiviado sua umidade aumenta, podendo favorecer, em condições anaeróbicas e baixo pH, a formação do gás sulfídrico, um gás tóxico e inflamável (LAADILA et al., 2021).

O gesso ou sulfato de cálcio hemidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$), possui diversas aplicações no setor construtivo, podendo destacar seu uso na fabricação de elementos pré-moldados, argamassas e elementos decorativos. As principais fontes de resíduo desse material na construção civil estão relacionadas, principalmente, ao curto tempo de manipulação, devido ao seu tempo de pega rápido, e recortes ou quebra de elementos pré-moldados (CORDON; CAGNONI; FERREIRA, 2019).

Apesar de, de acordo com a resolução 431 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 24 de maio de 2011, os resíduos de gesso serem classificados como resíduos recicláveis, as pesquisas na área de reciclagem desse tipo de resíduo ainda são escassas quando comparadas com outros materiais (BUMANIS et al., 2022).

Nos resíduos da construção civil, o gesso normalmente é encontrado em forma de pó ou torrões, quando proveniente de serviços de revestimento, ou em pedaços maiores quando proveniente de placas e ornamentos pré-moldados. As principais destinações e formas de reaproveitamento desse resíduo são como ingrediente na produção de cimento, como retardador de pega, e no agronegócio como condicionador e fertilizante de solos (ALMEIDA, SOARES e MATOS, 2020). Com o desenvolvimento do setor construtivo, a demanda de gesso vem aumentando e, conseqüentemente, a geração de resíduo desse material não inerte também aumenta (FREITAS, 2021).

A reciclagem do resíduo de gesso como aglomerante, demanda, além da moagem e remoção de impurezas, uma calcinação adequada. A

calcinação é um processo com baixo consumo de energia, que consiste na desidratação do resíduo por secagem. As propriedades do gesso reciclado dependem de fatores como granulometria do resíduo, temperatura e o tempo de desidratação (CIPRIANO et al., 2021).

Apesar de o desenvolvimento de materiais inovadores e sustentáveis, sobretudo com o reaproveitamento de resíduos, ter se tornado uma prioridade em muitas áreas, principalmente no setor construtivo, a alternativa de incorporação do resíduo de gesso em outros materiais é relativamente nova (ALMEIDA, SOARES E MATOS, 2020; CIPRIANO et al., 2021).

Dentre as alternativas para fomentar o desenvolvimento sustentável e minimizar os impactos causados pelo setor construtivo pode-se citar as técnicas de construção com terra, mais especificamente os tijolos de terra crua, também conhecidos como adobes, que além de proporcionarem bom conforto térmico e acústico nas edificações, possibilitam o reaproveitamento de resíduos (WEBER, CAMPOS e BORGA, 2017).

A alvenaria de adobe apresenta grande versatilidade quanto a sua constituição. Essencialmente, os tijolos são produzidos a partir de terra crua, podendo ser incorporados outros materiais para atender necessidades específicas, como ganho de resistência, controle de retração, entre outras. Diversos estudos têm sido realizados neste campo, avaliando a capacidade de adaptação da técnica à diferentes materiais adicionados, como os estudos realizados por Schweig et al. (2018), Santos et al. (2018), Barroso, Novato e Ferreira (2023) e Soler e Ferreira (2024). No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece os requisitos e as diretrizes normativas para os ensaios para esse tipo de alvenaria por meio da norma NBR 16814 (ABNT, 2020).

Quando o solo não apresenta propriedades adequadas para esse tipo de aplicação, pode-se incorporar aditivos químicos, como aglomerantes e resinas, para viabilizar seu uso como material. Levando em consideração a problemática associada à geração de resíduo pelo setor construtivo, em especial aos resíduos de gesso, o presente trabalho propõe a fabricação de tijolos de adobe utilizando gesso reciclado como aglomerante.

2. METODOLOGIA

A metodologia empregada teve como finalidade

avaliar o efeito da utilização do gesso reciclado como aglomerante na fabricação de tijolos de adobe, em comparação ao uso de gesso comercial. A avaliação dos blocos produzidos foi feita por meio de ensaios de resistência à compressão simples, análise da estabilidade quando imersos em água e ensaios de retração. A avaliação do gesso reciclado nas propriedades índices do solo se deu com a avaliação dos limites de consistência das misturas propostas.

2.1 Solo

O presente trabalho fez uso do solo extraído, no ano de 2017, de um local próximo às margens do contorno viário que liga as rodovias BR-070 e BR-158, no município Pontal do Araguaia – MT. Após ser coletado, o solo foi destorroado e peneirado, descartando a fração pedregulho. Schweig et al. (2018), utilizando a metodologia da *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), classificaram o solo como material granular de classe A-2-4 (0), sendo caracterizado como areia siltosa ou argilosa. Os resultados dos ensaios estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Índices físicos e classificação do solo.

Granulometria	Areia fina	66,37%
	Silte + Argila	33,63 %
Limites de Atterberg	Limite de Liquidez	18%
	Limite de Plasticidade	12%
	Índice de Plasticidade	6%
Classificação AASHTO	Índice de grupo	0
	Classe	A-2-4

Fonte: adaptado de Schweig et al. (2018).

2.2 Gesso comercial

O gesso comercial utilizado é classificado como gesso multiuso e foi adquirido no comércio local do município de Aragarças-GO.

2.3 Gesso reciclado

O resíduo de gesso utilizado foi fornecido por uma empresa fornecedora de artefatos de gesso e placas de drywall, localizada em Barra do Garças – MT. O material fornecido já estava selecionado, livre de contaminantes. Por ser composto de partículas grandes, foi necessário submeter o resíduo a um processo de pulverização mecânica, utilizando o triturador representado na Figura 1.



Figura 1. Triturador.

Com base nos estudos desenvolvidos por Cavalcanti (2006), Melo (2008), Monção Júnior (2008), Bardella (2011) e Fernandes (2016), estabeleceu-se uma temperatura de 170°C e um tempo de 24 horas para a calcinação do resíduo pulverizado. O gesso reciclado foi acondicionado em recipientes fechados para posterior uso na confecção dos adobes.

2.4 Misturas

Com base em testes laboratoriais preliminares, notou-se que teores elevados de gesso dificultariam o processo de moldagem dos blocos, por conta do rápido tempo de pega, característico desse material. Sendo assim, foram estabelecidos os teores de gesso comercial e reciclado apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Nomenclatura das misturas.

Tipo de Gesso	Teores de Gesso		
	0,50%	2,50%	5,00%
Comercial	C05	C25	C50
Reciclado	R05	R25	R50

2.5 Determinação dos limites de consistência

O efeito do gesso reciclado nas propriedades índices do solo foi avaliado com a determinação do limite de liquidez e limite de plasticidade das misturas, seguindo os procedimentos descritos nas normas NBR 6459 (ABNT, 2016) e NBR 7180 (ABNT, 2016),

respectivamente.

2.6 Confeção dos tijolos de adobe

O processo de produção dos blocos aconteceu em três etapas: mistura dos materiais, moldagem dos blocos e cura. A primeira etapa consiste em misturar os materiais secos (solo e gesso) e acrescentar água em pequenas quantidades, até que se atinja uma consistência plástica. A quantidade de água utilizada na produção de uma mistura foi replicada nas produções seguintes, quando necessário, visando garantir a mesma umidade para todos os blocos de um mesmo traço. Em função do rápido tempo de pega do gesso, tanto a mistura dos materiais secos como a adição de água e homogeneização da massa foram feitos manualmente.

Os blocos foram moldados sobre o chão recoberto com uma lona utilizando um molde vazado com dimensões de 12 cm de largura, 24 cm de comprimento e 7 cm de altura, tendo capacidade de confecção de dois blocos simultaneamente. O processo de moldagem, ilustrado na Figura 3, consiste na colocação de pequenas quantidades da massa preparada no molde, que deve estar previamente untado com óleo lubrificante para facilitar o desenforme. Durante o processo de acomodação da massa no molde, deve-se tomar cuidado para que não sejam deixados espaços vazios (não ocupados pela massa). Após preencher a fôrma completamente, os blocos são nivelados retirando o excesso de massa deixando a face superior do bloco lisa. Em seguida o molde é levantado verticalmente para desmolde dos blocos.



Figura 2. Moldagem.

A cura dos blocos foi realizada ao ar, à temperatura ambiente, em local protegido das

intempéries, por um período de 14 dias.

2.7 Ensaio de resistência à compressão simples

O ensaio de resistência à compressão simples foi conduzido com o objetivo de verificar a eficiência do gesso reciclado como estabilizante químico em comparação ao desempenho do gesso comercial. A preparação dos corpos de prova para o ensaio se deu pelo capeamento da face superior do tijolo com argamassa de cimento após o período de cura de 14 dias.

Conforme proposto por Silva (2015) e Schweig et al. (2018), a argamassa de cimento Portland e areia produzida para este fim possui traço de 1:2, com relação água/cimento igual a 0,25, e aplicada com espessura máxima de 3 mm. Este procedimento teve como objetivo paralelizar as faces comprimidas. Na Figura 3 apresenta-se o aspecto dos blocos após o capeamento.



Figura 3. Aspecto dos blocos após o capeamento.

Após um período de 24 horas, para a cura da argamassa, os blocos foram colocados de forma centralizada no prato da máquina de ensaio de compressão. Duas placas metálicas foram utilizadas para transferir a carga ao corpo de prova de modo uniforme. As amostras foram submetidas à verificação da resistência à compressão, com uma taxa de deformação de 50 mm/min. Nesse procedimento a resistência à compressão média dos blocos de cada mistura foi definida pela média simples de 10 determinações.

Os resultados desse ensaio foram tratados estatisticamente por meio da análise de variância (ANOVA), teste de comparações múltiplas de médias (teste Tukey), e teste T Student utilizando o software gratuito Paleontological Statistics (PAST) versão 3.22. A análise de variância foi feita com o objetivo de verificar a existência de diferenças significativas entre as misturas produzidas com um mesmo tipo de gesso, e o teste de Tukey foi aplicado com o intuito de

identificar quais composições apresentaram diferença significativa.

O teste T Student, que foi feito presumindo variâncias diferentes entre as misturas, foi aplicado para verificar a existência de diferença significativa entre as misturas produzidas com gesso comercial e aquelas produzidas com gesso reciclado. Como a hipótese tem como base a diferença de médias, a análise dos dados por esse tratamento estatístico foi feita considerando um teste bicaudal.

Na análise da existência de diferenças significativas entre as composições foram levantadas duas hipóteses: a hipótese nula, que considera não haver diferença entre as médias, e a hipótese alternativa, em que nem todas as médias são iguais. Em todas as análises foi considerado satisfatório o nível de significância (p) de 5%. Se $p \leq 5\%$, a hipótese nula é rejeitada, indicando a existência de diferença significativa entre as médias, e se $p > 5\%$, não existem diferenças significativas.

2.7 Ensaio de retração

O ensaio de retração foi realizado conforme o procedimento proposto pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CEPED) (BUSON, 2009). Nesse ensaio a mistura é considerada adequada quando, na análise dos resultados, não forem verificadas trincas, nem retração superior a 2 centímetros. O procedimento consiste no preparo de uma massa de consistência plástica, similar ao barro, que deve ser acondicionada na caixa de ensaio, que apresenta dimensões internas de 3,5cm de altura, 8,5cm de largura e 60cm de comprimento. Na Figura 4 é representado o procedimento de acomodação das misturas na caixa de ensaio.



Figura 4. Representação do processo de acomodação das misturas na caixa de ensaio de retração.
Fonte: Soler e Ferreira (2024).

Após acondicionar a mistura na caixa de ensaio, o material fica em repouso, protegido das intempéries, por um período de cura de 7 dias. Findado esse

período, se verifica a existência de fissuras e trincas, e é feita a medição da retração do material na direção de maior dimensão da caixa, com precisão de 1mm.

2.7 Análise da estabilidade com imersão em água

Para avaliação da estabilidade dos corpos de prova frente à ação da água, três corpos de prova de cada mistura foram secos em estufa, em temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Após a secagem, deixa-se que esfriem até atingir a temperatura ambiente, e posteriormente são totalmente imersos em água à temperatura ambiente por 24 horas. Findado esse período foi feita uma avaliação visual qualitativa da integridade dos blocos.

3. RESULTADOS

As curvas de fluidez das misturas de solo e gesso reciclado são apresentadas na Figura 5. De acordo com os resultados obtidos, o limite de liquidez (LL) das misturas R05, R25 e R50 é igual a 23%, 25% e 27%, respectivamente.

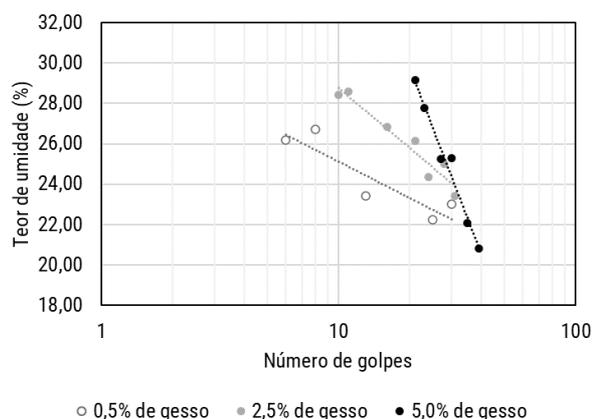


Figura 5. Curvas de fluidez das misturas de solo e gesso reciclado.

Na caracterização do solo utilizado no presente trabalho, Schweig et al. (2018) verificaram que o solo puro possui limite de liquidez de 18% (Tabela 1). Nota-se que o aumento de gesso na composição, eleva o limite de liquidez, fazendo com que seja necessário um teor de umidade maior para que a mistura se comporte como um líquido.

O limite de plasticidade (LP) determinado para as misturas R05, R25 e R50, respectivamente, foi de 13%, 17% e 21%. De acordo com a caracterização apresentada na Tabela 1, o solo puro apresenta LP igual a 12%. Assim como observado nos valores de LL,

a mistura do solo estudado com gesso reciclado também provoca um aumento do LP, ou seja, aumenta o teor de umidade para que a mistura deixe de se comportar como um material plástico.

O aumento nos limites de consistência avaliados indica que, com a adição de gesso, o solo está transitando de um comportamento arenoso para um comportamento que indica maior coesão entre as partículas.

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão simples estão apresentados na Figura 6 e na Tabela 3.

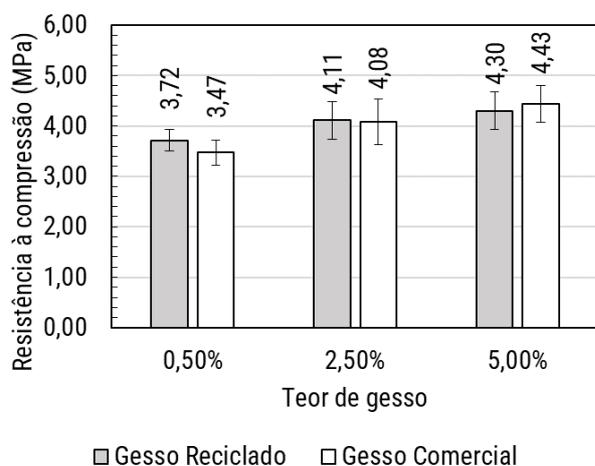


Figura 6. Resistência à compressão média.

Tabela 3. Resistência à compressão média (\pm desvio padrão).

Teor de Gesso (%)	Resistência à compressão simples (MPa)	Resistência à compressão simples (MPa)	Δ (%)
	gesso reciclado	gesso comercial	
0,50	3,72 \pm 0,21	3,47 \pm 0,25	7
2,50	4,11 \pm 0,37	4,08 \pm 0,45	1
5,00	4,30 \pm 0,37	4,43 \pm 0,36	-3

Nota: Δ (%) é a variação da resistência média dos blocos confeccionados com gesso reciclado em relação aos blocos confeccionados com gesso comercial.

Tomando como base os resultados obtidos, nota-se que o processo de reciclagem adotado para o resíduo de gesso foi satisfatório. Para os teores de 0,50% e 2,50% de aglomerante, a resistência à compressão média dos blocos confeccionados com gesso reciclado é superior à verificada para os blocos confeccionados com gesso comercial. Apesar de, para teor de 5,0%, o valor médio de resistência à compressão ser maior para os blocos confeccionados com gesso comercial, com o tratamento estatístico

dos dados constatou-se que essa diferença não é significativa ($p > 0,05$). Os resultados do teste T Student são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Teste T Student.

Teor de gesso	Nível de significância (p)
0,50%	2,77E-02
2,50%	8,66E-01
5,00%	4,44E-01

Com o tratamento estatístico dos dados nota-se que o ganho de resistência verificado ao aumentar o teor de gesso de 0,50% para 2,50% é significativo tanto para o gesso reciclado como para o gesso comercial ($p < 0,05$). No entanto, ao comparar as misturas com 2,50% e 5,00% de gesso, verifica-se que o ganho de resistência não é significativo tanto para o aglomerante comercial como para o reciclado ($p > 0,05$). Os resultados do teste Tukey são apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Teste Tukey – Gesso comercial.

Mistura	C05	C25	C50
C05	-	2,53E-03	7,79E-06
C25	-	-	9,19E-02
C50	-	-	-

Tabela 6. Teste Tukey – Gesso reciclado.

Mistura	R05	R25	R50
R05	-	3,16E-02	1,17E-03
R25	-	-	3,88E-01
R50	-	-	-

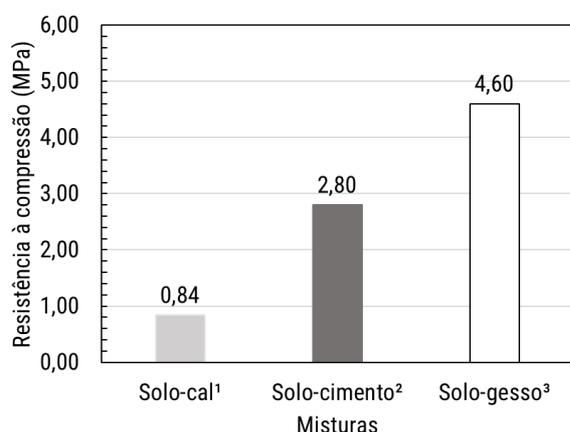
Santos et al. (2018) e Novato (2019) desenvolveram estudos com o mesmo solo utilizado no presente trabalho, para a confecção de adobes de solo-cal e solo-cimento, respectivamente. Santos et al. (2018) avaliaram o comportamento de blocos moldados com 7% de cal hidratada em relação à massa de solo seco, aos 28 e 40 dias de cura, e Novato (2019) avaliou o comportamento de blocos moldados com 7% de cimento Portland em relação à massa de solo seco, aos 7 e 28 dias de cura.

Com base nos valores médios de resistência à compressão obtidos por esses autores, obteve-se uma estimativa da resistência à compressão dos tijolos de solo-cal e solo-cimento aos 14 dias de cura, considerando uma variação linear da resistência à compressão ao longo do tempo.

A estimativa de resistência à compressão para os adobes com 7% de cal e para os adobes com 7% de cimento, aos 14 dias de cura, é de 0,84 MPa e 2,80 MPa, respectivamente. Para esse mesmo período de cura, a resistência à compressão dos

blocos de solo-gesso foi de 4,30 MPa, para o teor de 5,0% de gesso reciclado em relação à massa de solo seco.

Realizando a extrapolação dos resultados obtidos com teores de gesso avaliados no presente estudo (0,50%, 2,50% e 5,00%), considerando uma variação linear da resistência à compressão com o aumento do teor de aglomerante na composição, estimou-se que a resistência dos blocos com adição de 7% de gesso reciclado seria de aproximadamente 4,60 MPa, aos 14 dias de cura. A Figura 7 apresenta de forma gráfica a resistência à compressão estimada para as misturas solo-cal, solo-cimento e solo-gesso aos 14 dias de cura, considerando 7% de adição dos aglomerantes em relação à massa de solo seco.



Notas: ¹ valor estimado com base nos resultados apresentados por Santos et al. (2018); ² valor estimado com base nos resultados apresentados por Novato (2019); ³ estimativa de resistência à compressão da mistura solo-gesso reciclado considerando 7% de adição do aglomerante.

Figura 7. Comparação de resistência à compressão.

Os blocos produzidos com adição de gesso apresentam uma resistência à compressão média superior à verificada em blocos produzidos com a adição de cal ou cimento, ou com o reforço de fibras, como fibras de papel kraft reciclado e fibras de polietileno reciclado, conforme os resultados apresentados por Schweig et al. (2018) e Soler e Ferreira (2024), respectivamente.

No ensaio de retração pelo método da caixa, assim como no ensaio de resistência à compressão simples não foi observada diferença significativa entre o comportamento do gesso comercial e reciclado. O aspecto das misturas ao fim do período de 7 dias de cura é mostrado nas Figuras 8 e 9.



Figura 8. Ensaio de retração: solo-gesso comercial.



Figura 9. Ensaio de retração: solo-gesso reciclado.

Por terem apresentado trincas, as misturas C05 e R05 são consideradas inadequadas para o uso em elementos construtivos (BUSON, 2009). Apesar de não terem apresentado trincas, as demais misturas apresentaram uma retração média superior ao valor máximo admissível (2cm). A retração média apresentada pelas misturas C25, C50, R25 e R50 foi, respectivamente, igual a 3,2cm, 3,1cm, 3,2cm e 2,9cm. Sendo assim, nenhuma mistura atende à esse critério.

Após 24 horas imersos em água em temperatura ambiente, tanto os blocos com gesso comercial como com gesso reciclado apresentaram resultados insatisfatórios. A Figura 10 ilustra o aspecto dos blocos imediatamente após a imersão e após 24 horas.

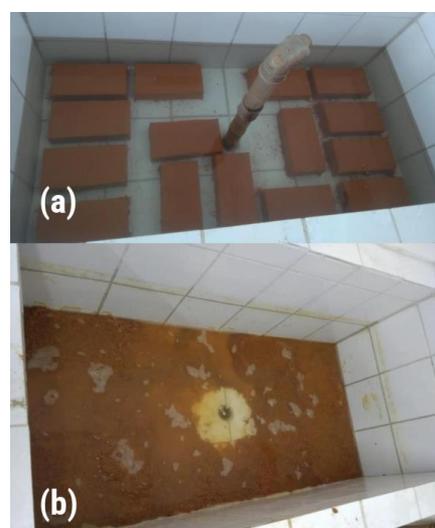


Figura 10. (a) Aspecto dos blocos imediatamente após imersão; (b) Aspecto dos blocos 24 horas após imersão.

O comportamento observado pode ser definido

como “abatimento”, no qual a amostra sofre desintegração, formando uma pilha de material desestruturado (SANTOS, 1997). O resultado obtido pode ser atribuído não só à sensibilidade do gesso frente à ação da água, mas também às características do solo natural que é classificado como um material arenoso.

4. CONCLUSÃO

De modo geral, a reciclagem do resíduo de gesso nas condições propostas no presente estudo foi eficiente, tendo em vista que não se observou diferença significativa de comportamento em relação ao aglomerante comercial. A utilização do gesso reciclado como aglomerante para melhorar as propriedades do solo e viabilizar sua utilização na confecção de tijolos de adobe se mostrou interessante no que diz respeito à resistência à compressão.

Em comparação ao uso de outros aditivos como cal e cimento, o gesso reciclado se destaca pois, além de proporcionar uma resistência à compressão maior, com menos aglomerante na composição, é proveniente da reciclagem de um resíduo.

Sob o ponto de vista normativo, todas as misturas estudadas, para um período de cura de 14 dias, atendem ao critério de resistência à compressão maior ou igual a 1,5 MPa, especificado pela NBR 16814 (ABNT, 2020). Contudo, é importante destacar que o método de avaliação de resistência à compressão previsto pela normativa é diferente do que foi utilizado no desenvolvimento do presente estudo.

No que diz respeito à retração, nenhuma das misturas estudadas apresentou comportamento satisfatório tendo em vista que aquelas que não trincaram apresentaram retração superior ao máximo admissível recomendado pelo CEPED.

Quando imersos em água, independente do teor e tipo de gesso (reciclado ou comercial), a integridade dos blocos foi totalmente comprometida. Apesar de o procedimento se tratar de uma condição extrema (24 horas de imersão em água), essa avaliação demonstra o efeito deletério da água sobre os blocos confeccionados.

Devido ao comportamento observado no ensaio de retração e devido à falta de estabilidade dos tijolos em contato com a água, as misturas solo-gesso estudadas não são adequadas para a aplicação proposta. De todo modo, dentre as misturas estudadas, destacam-se as com 2,5% e 5,0% de gesso

reciclado, não havendo diferença significativa entre essas composições, considerando os ensaios realizados. Estudos mais aprofundados devem ser conduzidos, buscando viabilizar a produção dessas misturas de forma mecanizada, reduzir a retração e melhorar seu comportamento frente à ação da água.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) por todo apoio prestado.

REFERÊNCIAS

- Almeida, K. S.; Soares, R. A. L.; Matos, J. M. E. (2020). Efeito de resíduos de gesso e de granito em produtos da indústria de cerâmica vermelha: revisão bibliográfica. *Revista Matéria*, Vol. 25, N. 1.
- Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2022). *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022*. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>. Acesso em: 27 dez. 2023.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2016). *NBR 6459: Solo – Determinação do Limite de Liquidez*. Rio de Janeiro, 5 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2016). *NBR 7180: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade*. Rio de Janeiro, 3 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020). *NBR 16814: Adobe – requisitos e métodos de ensaio*. Rio de Janeiro, 26 p.
- Bardella, P. S. (2011). *Análise das propriedades de pastas de gesso de construção reciclado*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade de Campinas, 214 p.
- Barroso, K. O.; Novato, F. G. C. A.; Ferreira, R. T. L. (2023). Tijolos de adobe de solo-cimento com adição de resíduo de serragem de madeira. *Engineering and Science*, Vol. 12, N. 3.
- Brasil. Resolução N° 431, de 24 de Maio de 2011. Publicada no DOU nº 99, de 25/05/2011, pág. 123. *Resolução CONAMA n°431*. Brasília, 2011.
- Bumanis, G.; Zorica, J.; Korijakins, A.; Bajare, D. (2022). Processing of Gypsum Construction and Demolition Waste and Properties of Secondary Gypsum Binder. *Recycling*, Vol. 7, N. 30.
- Buson, M. A. (2009). *Kraftterra: desenvolvimento e análise preliminar do desempenho técnico de componentes de terra com a incorporação de fibras de papel kraft provenientes da reciclagem de sacos de cimento para vedação vertical*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 135 p.

- Cavalcanti, L. B. (2006). *Determinação de condições operacionais adequadas na desidratação do minério gipsita para obtenção de um gesso beta reciclável*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, 88 p.
- Cipriano, P. B.; Galdino, T. S. G.; Sá, C. S.; Ferraz, A. V. (2021). Avaliação dos parâmetros de calcinação do resíduo de gesso nas propriedades do gesso reciclado. *Revista Matéria*, Vol. 26, N. 3.
- Cordon, H. C.; Cagnoni, F. C.; Ferreira, F. F. (2019). Comparison of physical and mechanical properties of civil construction plaster and recycled waste gypsum from São Paulo, Brazil. *Journal of Building Engineering*, Vol. 22, p. 504-512.
- Fernandes, C. A. H. (2016). *Reciclagem de resíduos de gesso de construção para uso em revestimentos, placas de forro e molduras de acabamento*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 236 p.
- Freitas, C. M. (2021). *Panorama da gestão dos resíduos de gesso na construção civil: um estudo de caso no município de Tabuleiro do Norte - CE*. Monografia, Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-árido, 47 p.
- Laadila, M. A.; LeBihan Y.; Caron, R.; Vaneckhaute, C. (2021) Construction, renovation and demolition (CRD) wastes contaminated by gypsum residues: Characterization, treatment and valorization. *Waste Management*, Vol. 120, p. 125-135.
- Melo, D. C. P. (2008). *Estudo Teórico-Experimental da desidratação da gipsita para obtenção de um gesso beta reciclável*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, 83 p.
- Monção Júnior, A. R. (2008). *Otimização das condições experimentais na desidratação da gipsita para obtenção de um gesso beta reciclável*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, 66 p.
- Novato, F. G. C. A. (2019). *Tijolos de adobe com solo-cimento e adição de resíduo de recapagem de pneus*. Monografia, Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Mato Grosso, 110 p.
- Santos, I. B.; Ferreira, R. T. L.; Rezende, G. B. M.; Aquino, V. B. M.; Christoforo, A. L.; Lahr, F. A. R. (2018). Adobe soil-lime bricks reinforced with kraft paper fibers. *International Journal of Materials Engineering*, Vol. 8, N. 5, p. 128-133.
- Santos, R. M. M. (1997). *Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no município de Goiânia*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Universidade de Brasília, 120 p.
- Schweig, E. O.; Ferreira, R. T. L.; Rezende, G. B. M.; Aquino, V. B. M.; Christoforo, A. L.; Lahr, F. A. R. (2018). Adobe soil-cement bricks reinforced with kraft paper fibers. *International Journal of Materials Engineering*, Vol. 8, N. 5, p. 101-108.
- Silva, B. A. (2015). *Estudo de misturas solo cimento agregado reciclado de telhas cerâmicas para fabricação de blocos para alvenaria*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 277 p.
- Soler, R. J. L. R.; Ferreira, R. T. L. (2024). Adobe soil-cement bricks with expanded polystyrene residue addition reinforced with polyethylene fibers. *International Journal of Materials Engineering*, Vol. 14, N. 1, p. 1-11.
- Weber, E., Campos, R. F. F., Borga, T. (2017). Análise da eficiência do tijolo ecológico solo-cimento na construção civil. *IGNIS*, Vol. 6, N. 2, p. 18-34.