
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO À COMPRESSÃO DE TIJOLOS DE ADOBE INCORPORADOS COM REJEITO DA MINERAÇÃO DE COBRE E OURO

JÉSSICA AZEVEDO COELHO¹, MARCIO ALBUQUERQUE BUSON²

1: Instituto Federal de Goiás
Campus Uruaçu, Rua Formosa, Qds. 28/29, Loteamento Santana. CEP: 76400-000. Uruaçu - GO
jessica.coelho@ifg.edu.br, www.ifg.edu.br/uruacu/

2: Universidade de Brasília
Campus Darcy Ribeiro, ICC Norte bloco A, Sala ASS-000/0. CEP: 70.910-900. Brasília-DF
mbuson@unb.br, www.fau.unb.br/

Resumo A extração mineral no Brasil é responsável por parcela considerável do produto interno bruto (PIB) nacional. Este grande volume extrativo está diretamente relacionado com a quantidade de resíduo gerado ao final das plantas de produção. Soluções que visem a reincorporação do rejeito depositado/discardado contribuem para minimizar o passivo ambiental gerado pela exploração mineral. O setor da construção civil tem sido grande aliado neste tipo de solução, ao passo que vários dos seus materiais técnicos construtivos permitem a utilização destes resíduos. Um dos materiais que apresenta características favoráveis a essa incorporação é o adobe, haja vista que este consiste na conformação de um solo plástico (podendo ou não conter a incorporação de outros materiais) em um formato prismático, que depois de seco ao ar pode ser utilizado como elemento de vedação. Partindo desta constatação, o presente trabalho buscou avaliar o comportamento da resistência à compressão de adobes produzidos com a adição de rejeito da mineração de cobre e ouro, depositado no município de Alto Horizonte, no estado de Goiás. Os adobes foram confeccionados com 0%, 20%, 40%, 60%, 80% e 100% de adição do rejeito. Foram posteriormente submetidos a ensaios de compressão, onde a mistura com 80% de rejeito foi a que apresentou melhores resultados, mesmo que não tenha atingido o mínimo estabelecido pela normativa brasileira.

Palavras-chave: Adobe, Construção com terra, Rejeito de mineração, Resistência à compressão

Abstract Mineral extraction in Brazil is responsible for a considerable portion of the national gross domestic product (GDP). This large extractive volume is directly related to the amount of waste generated at the end of the production plants. Solutions aimed at the reincorporation of deposited/discarded tailings contribute to minimizing the environmental liabilities generated by mineral exploration. The civil construction sector has been a great ally in this type of solution, while several of its technical building materials allow the use of this waste. One of the materials that presents favorable characteristics for this incorporation is adobe, given that it consists of the conformation of a plastic soil (which may or may not contain the incorporation of other materials) into a prismatic format, which after drying in the air can be used as a sealing element. Based on this finding, the present work sought to evaluate the behavior of the compressive strength of adobes produced with the addition of copper and gold mining tailings, deposited in the municipality of Alto Horizonte, in the state of Goiás. The adobes were made with 0%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100% addition of waste. They were later submitted to compression tests, where the mixture with 80% of waste was the one that presented the best results, even though it did not reach the minimum established by Brazilian regulations..

Keywords: Adobe brick, Earth construction, Mining tailings, Compressive strength.

1. INTRODUÇÃO

O setor mineral tem se mostrado cada vez mais imprescindível para a economia de um país, apresentando atuação significativa para o aumento do produto interno bruto - PIB bem como para o aumento do volume de exportações deste. Segundo o Anuário Mineral Brasileiro – ANB, com a produção mineral de 2019, o Brasil arrecadou R\$ 128.894.183.865 relacionado à Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM), onde Goiás é o terceiro colocado entre os estados com maior arrecadação, com 4,21% deste total, ficando atrás apenas dos estados do Pará (49,29%) e de Minas Gerais (40,11%), que lideram a atividade mineral do país [1].

O volume da atividade mineral está diretamente relacionado ao crescimento da produção dos mais diversos resíduos minerais. Esses resíduos podem ser de dois tipos, sendo o primeiro os resíduos sólidos obtidos do processo de extração e o segundo os rejeitos obtidos dos processos de tratamento ou beneficiamento da produção mineral, sendo que em ambos os casos, esses resíduos podem se apresentar na forma de rochas, sedimentos, solos, polpas de decantação de efluentes, finos não aproveitados, dentre outros [2].

Desde 2015, quando houve o fatídico rompimento das barragens de rejeitos localizadas no município de Mariana-MG e mais recentemente, em janeiro de 2019, com o rompimento da barragem de rejeito de Brumadinho-MG, intensificou-se os questionamentos relativos ao volume de rejeito produzido pela atividade de mineração, assim como questionamentos sobre os procedimentos de deposição adotados para esses rejeitos.

Tais questionamentos encontram força na ideia de que um maior controle do volume e da forma de deposição desses materiais proporcionaria a diminuição dos impactos ambientais gerados por eles.

Seguindo este raciocínio, uma das formas de minimizar problemas causados pela deposição dos resíduos de mineração é promover o seu reuso ou reciclagem, que encontra grande potencial de execução na indústria da construção civil, cujo know how no uso de resíduos diversos já é bastante conhecido.

A escolha por verificar a viabilidade técnica da produção de adobes com o resíduo da mineração amparou-se no entendimento de [3] de que a tradição não é necessariamente antiquada e nem é sinônimo de estagnação ou retrocesso, sendo assim, a escolha de uma técnica tão antiga não desmerece e nem visa substituir as técnicas atuais, mas sim parte do pressuposto de que tal técnica apresenta características que corroboram melhor com a perspectiva do desenvolvimento sustentável.

Essa perspectiva é reforçada Pinheiro [4] ao abordar que o Brasil, um país classificado como “em desenvolvimento”, já enfrentou e ainda enfrenta diversos problemas socioculturais e econômicos em seus estados, sendo a falta de moradia apenas um desses problemas. Ainda hoje, em pleno século XXI, o país precisa lidar com a problemática que é a falta de moradia digna, segura e financeiramente acessível à grande maioria da população.

Esses dados corroboram para que pensemos em técnicas e materiais de construção mais ambientalmente corretos, como o tijolo de adobe aliado à incorporação do resíduo de mineração.

O adobe é considerado uma das técnicas da arquitetura vernacular, também conhecida como arquitetura popular, do dia-a-dia ou arquitetura comum. Esse termo, “vernacular”, foi utilizado pela primeira vez por Sir George Gilbert Seotts em 1857 [5] e desde então tem sido utilizado para designar, como tecnologia vernácula, aquelas que priorizam a utilização de materiais locais e produzidos com o “toque das mãos” [6].

Tal técnica, devido ao seu carácter popular, carrega consigo um grande empirismo, o que faz com que haja demanda para analisar técnico e cientificamente a produção e o desempenho dos adobes. Por isso, parte considerável deste trabalho se deu em ambiente experimental, onde os testes e ensaios

laboratoriais foram determinantes para a obtenção da caracterização dos materiais, bem como para a verificação das propriedades e desempenho dos componentes construtivos.

Com isso, avaliou-se os principais aspectos definidores da viabilidade técnica da produção de adobes com variados percentuais de incorporação do rejeito de mineração. Para tal, foram necessários estudos e análises para a caracterização tanto do solo quanto do rejeito, bem como para a verificação do desempenho físico-mecânico dos seus componentes unitários e a sua performance como elemento construtivo.

2. O DOBE COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

A história da utilização do adobe pelo homem se liga diretamente com o desenvolvimento das técnicas construtivas para moradia ao longo da história, onde se fazia uso das matérias primas em maior abundância na localidade. Se, por um lado, nas regiões árticas esse material era o gelo, por outro, em regiões de floresta a madeira ganhava protagonismo. E em praticamente todas as regiões, com diferentes tipos de solo, misturado com uma diversidade de matéria orgânica e/ou fibras vegetais, o adobe ganhou espaço e se tornou um dos materiais mais comuns para a construção de casas [7].

O processo da fabricação dos adobes, também conhecidos como tijolos de terra crua, é milenar, e sempre foi empregado por diversas civilizações no decorrer da história da humanidade, tendo sido propagado por todas as regiões de climas quentes e secos, subtropicais e temperados do planeta [8], desde as construções egípcias, construções do início da colonização brasileira, e atualmente em algumas áreas rurais e sertanejas do país. Sua utilização ainda acontece hoje devido ao seu baixo custo, à possibilidade da utilização de materiais locais e principalmente pela sua facilidade de fabricação.

Os tijolos de adobe são produzidos de forma manual ou mecanizada. Em ambos os casos, após a produção do barro, sua confecção se dá por meio de fôrmas para moldagem e posteriormente secagem ao ar.

Dentre as vantagens dos tijolos de adobe, cabe citar como principais: o controle da umidade (deixando os ambientes mais refrigerados e possibilitando trocas térmicas); o baixo custo de produção; a possibilidade de reutilizar o solo retirado na execução dos nivelamentos da fundação; e o não uso de recursos naturais para a queima em fornos e conseqüentemente a não produção de gases tóxicos liberados na atmosfera. Contudo, o adobe também possui desvantagens, como a sua permeabilidade, que pode causar fissuras e rachaduras nos tijolos prontos e comprometer a estrutura da obra, além do preconceito ainda existente com esse material, visto por muitos como ausência de inovação no ramo da construção civil.

Empiricamente várias soluções foram sendo incorporadas à essa “receita” inicial com a intenção de melhorar as características dos adobes produzidos, portanto passou-se a adicionar outros materiais, como o betume natural, para melhorar a sua permeabilidade, e palhas, para reduzir a sua retração, além de buscar uma padronização granulométrica para identificar solos mais apropriados [9].

Atualmente os estudos têm se concentrado em avaliar as propriedades mecânicas e físicas de tijolos de adobe com o intuito de reincorporar resíduos da agricultura e da indústria [10]. Esses estudos, em sua maioria, buscam incorporar materiais fibrosos [11] que melhoram as características de tração na flexão, propriedade essa que é uma das suas principais deficiências, ou então algum aditivo ou adição que vise melhorar sua reduzida resistência à compressão e alta absorção de água [12] [13] [14].

3. EXPLORAÇÃO MINERAL EM ALTO HORIZONTE - GO

Em relatório técnico, Moore et al [15] destaca que a Mina Chapada é “projetada para processar minério de sulfeto de cobre a uma taxa nominal de 65.000 toneladas por dia” totalizando um total de 24,0

milhões de toneladas por ano. Afirma ainda que no ano de 2018, “a usina processou 22,9 milhões de toneladas com recuperações médias de cobre e ouro de 82,4% e 63,3%, respectivamente”. No primeiro semestre de 2019, período em que os dados foram levantados, a taxa de processamento por dia era de 62.003 toneladas, com as recuperações de cobre e ouro também um pouco aquém da capacidade demonstrada no ano anterior, sendo de 81,6% e 59,7% respectivamente.

A mina Chapada é uma operação tradicional à céu aberto que faz uso de caminhões e escavadeiras no seu procedimento de extração, tendo como dimensões finais de projeto 1,5 km de largura e 380 m de profundidade. São duas principais áreas de exploração: Chapada e Suruca. Mesmo estando em operação contínua desde 2007, a exploração da produção tem sido feita inteiramente na área da Chapada, com a possibilidade de alteração desse cenário por meio da aquisição da mina pela Lundin Mining, que já demonstra interesse em ter a exploração ampliada para o depósito Suruca, localizado à leste do município de Alto Horizonte, haja vista que nele há reservas minerais de óxido e sulfeto de ouro [15]. Sua vida útil era estimada em 17 anos, no entanto, no relatório de 2019, com a possibilidade de exploração de Suruca, sua vida útil passa a ser 24 anos, com mais 8 anos adicionais no final da vida útil da mina para processar o restante do estoque de minério [15].

3.1. Produção de rejeito

De acordo com dados fornecidos pela MMIC, no período de 2007 a 2017 foram acumulados mais de 190 milhões de toneladas de resíduos apenas na mina Chapada. Atualmente, o impacto visual do lago de deposição do rejeito é bastante claro. Fazendo uso de uma imagem aérea da região é possível perceber que o lago de deposição ocupa uma extensão territorial muito maior do que a própria área urbanizada do município. Esse impacto fica ainda mais evidente quando se soma a área do lago com a área que a planta da mina ocupa (Figura 1).



Figura 1. (a) Lago de deposição do rejeito; (b) Planta da mina; (c) Município de Alto Horizonte – GO.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem metodológica adotada para esta pesquisa foi a explicativa, com método de procedimento experimental, uma vez que a partir da pesquisa bibliográfica e dos ensaios realizados buscou-se estudar as características dos adobes produzidos com a incorporação do rejeito da mineração de cobre

e ouro, com a submissão do objeto de estudo à influência de algumas variáveis, em condições controladas e conhecidas pelos investigadores, para observar os resultados que estas produziram nos adobes confeccionados[16].

Como premissas iniciais foram adotadas: (i) formas com base quadrada com as dimensões 9 cm x 19 cm x 19 cm, (ii) incorporação de taxas de resíduo fixas em 20%, variando de 0% - 100% de incorporação do resíduo e (iii) 6% de adição de cimento CP II F 32. Após isso foram realizadas as caracterizações do solo, resíduo e da mistura destes dois componentes e a avaliação da absorção de água e da resistência à compressão dos corpos de prova produzidos, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Procedimentos laboratoriais.

Materiais Solo e Resíduo	Massa Específica NBR 6458 [1]	
	Limites de Atterberg	Limite de Liquidez NBR 6459 [17]
		Limite de Plasticidade NBR 7180 [18]
	Análise Granulométrica	Peneiramento (grosso e fino) NBR 7181 [19]
Sedimentação NBR 7181 [20]		
Mistura	Consistência NBR 16889 [21]	
	Retração Teste da caixa [22]	
Tijolos de Adobe	Absorção de água NBR 10836 [23]	
	Resistência à compressão NBR 16814 [24]	

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização

O solo analisado apresentou massa específica dos grãos igual a 2,744 g/cm³, limite de liquidez (LL) de 40% e limite de plasticidade (LP) de 32%. O que fez com que o índice de plasticidade (IP) fosse igual a 8%, o que indica um solo medianamente plástico [25]. Tanto o solo quanto o rejeito da mineração de cobre e ouro utilizado para a realização da pesquisa foram submetidos aos ensaios de caracterização, apresentando a composição granulométrica ilustrada na Figura 2, à seguir.

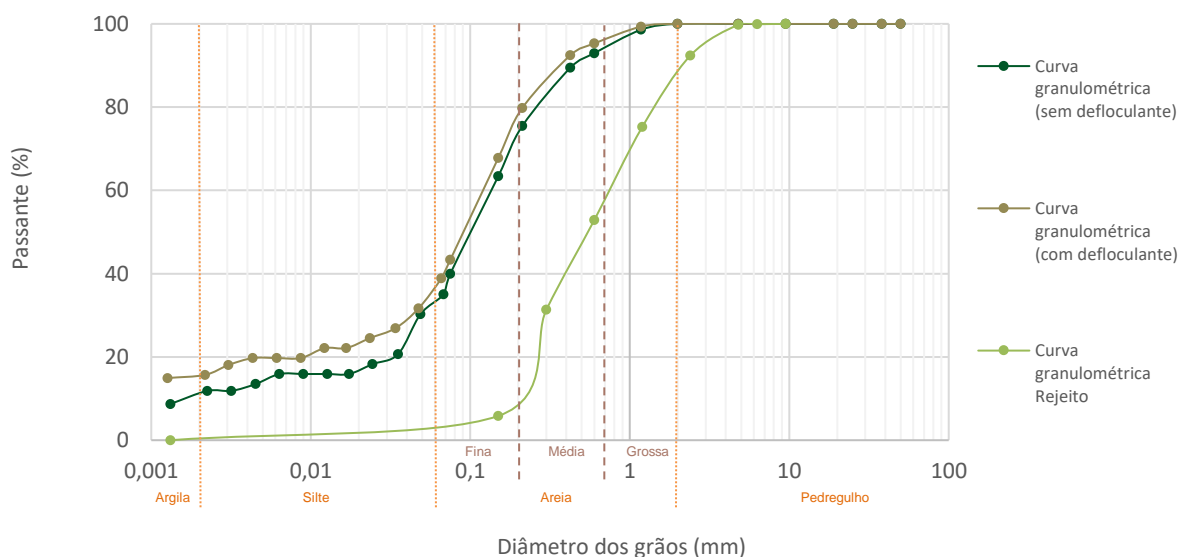


Figura 2. Curvas granulométricas (solo e resíduo).

É possível observar que o solo apresentou 60% de areia, sendo que a predominância foi de areia fina, 22% de silte e 11% de argila, enquanto o rejeito apresentou 87% de areia, com um equilíbrio entre grossa e média, e 10% de pedregulho. Com essa composição, o solo se mostra bem próximo dos parâmetros considerados ideais para confecção de adobes, enquanto o resíduo ultrapassa a quantidade de areia e pedregulhos recomendados [24], o que não inviabiliza o seu uso mas demonstra a necessidade de estabilização da mistura por meio da adição de material aglomerante.

Cabe ressaltar que a variação das curvas com e sem defloculante destoam pouco, o que indica um baixo teor de material aglomerado na forma de torrões e que não se desmancharam na presença da água, dificultando assim o processo de homogeneização das misturas. Já o rejeito da mineração se apresenta como uma areia mais grossa, o que é um fator importante para evitar processos de retração na secagem.

5.2. Consistência, absorção de água e retração

Na tentativa de se obter parâmetros que permitissem a comparação dos adobes produzidos com as diferentes taxas de incorporação do resíduo, adotou-se, conforme estabelecido na metodologia, o ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone, cujo resultado (Figura 3) ao ser comparado com o teor de umidade (Tabela 2) necessário para garantir a trabalhabilidade da mistura na a moldagem dos corpos de prova, demonstra que quanto mais resíduo incorporado a mistura demandou mais água e por consequência apresentou maiores valores de consistência.

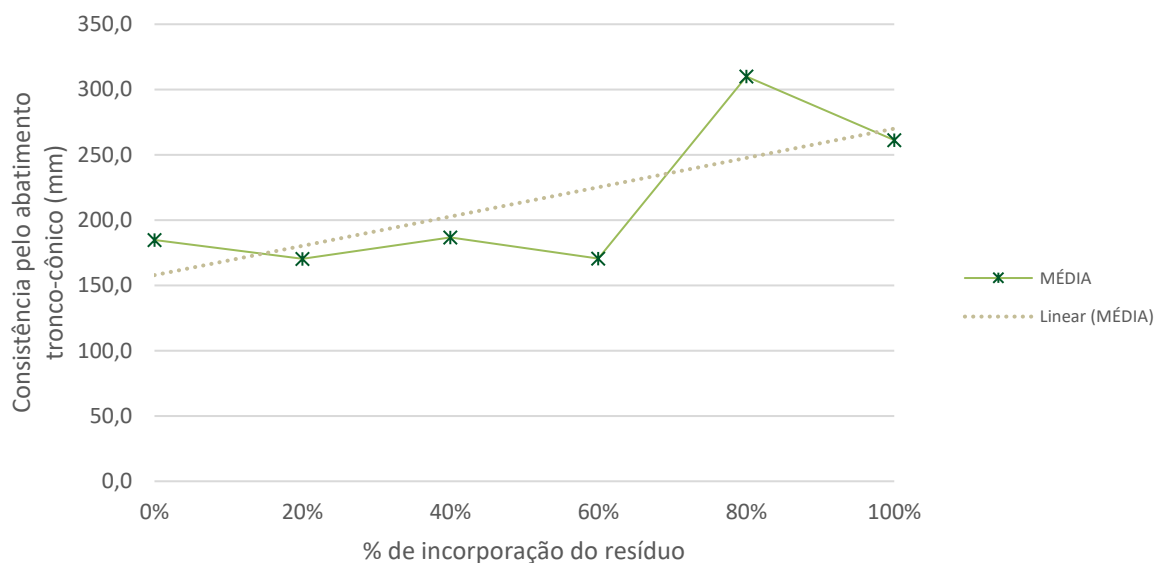


Figura 3. Consistência das misturas em função da taxa de incorporação do resíduo.

Observa-se também que, mesmo que o aumento do teor de umidade tenha implicado no aumento da consistência das misturas, este aumento não seguiu qualquer relação de proporcionalidade.

Tabela 2. Teor de umidade.

	0%	20%	40%	60%	80%	100%
W% méd.	16,5	26,8	34,1	33,5	27,8	42,7

No processo de análise da absorção de água (Tabela 3), verificou-se uma tendência da sua diminuição, na medida que foi-se incorporando mais rejeito à mistura, cabendo destacar que a taxa de 60%, destoa deste comportamento ao apresentar maior absorção do que a mistura de 40%.

Tabela 3. Absorção de água.

Taxa de incorporação do resíduo (%)	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Absorção de Água						
Médio	35,6	26,9	29,5	32,9	25,6	22,4

Avaliando o comportamento relativo à retração (Figura 4), após um mês de secagem, também foi possível observar que a incorporação do resíduo diminuiu o aparecimento de trincas.

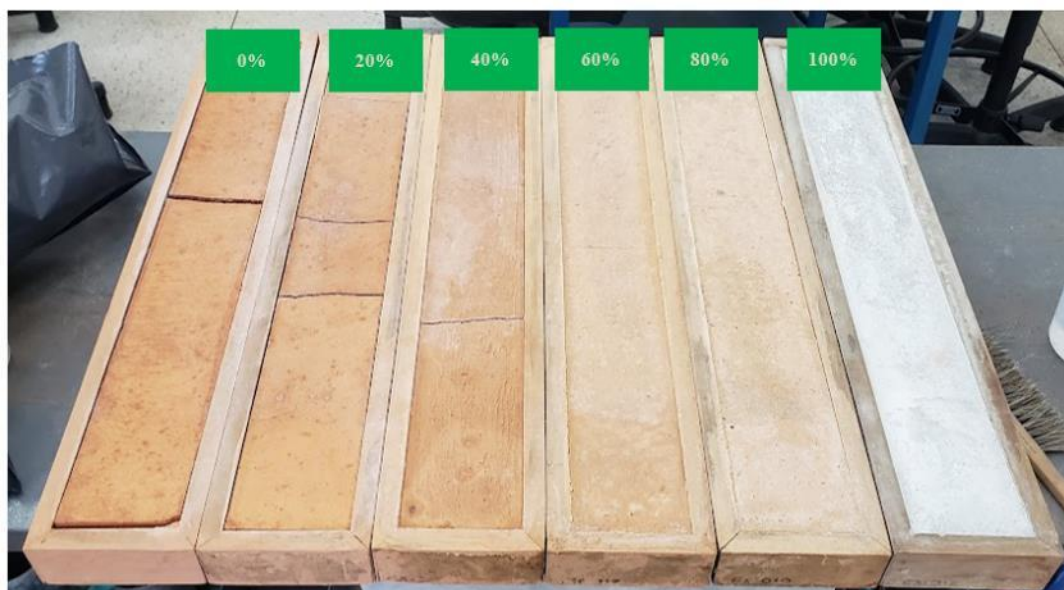


Figura 4. Teste de Retração da Caixa.

5.3. Resistência à compressão

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados após 90 dias da moldagem dos adobes, garantindo que todos estivessem completamente secos. Os adobes foram cortados com serra elétrica, na tentativa de garantir melhor acabamento aos prismas, no entanto aqueles produzidos com 100% de rejeito não puderam ser ensaiados uma vez que não tiveram coesão o suficiente (Figura 5).



Figura 5. (a) Processo de corte dos prismas; (b) prismas cortados; (c) prismas cortados e capeados; (d) adobes com 100% de rejeito inviabilizados para ensaio de resistência à compressão

Os dados correspondentes a cada ensaio foram gerados pelo próprio equipamento, sendo apresentados segundo a sua respectiva resistência à compressão (MPa), assim como demonstrando de forma gráfica os diagramas tensão-deformação por corpo de prova e por grupo ensaiado. Os valores das resistências por corpo de prova, de acordo com cada grupo e com a ordem de execução do ensaio estão dispostos a seguir na Tabela 4.

Tabela 4. Resistência à compressão individual (f_{ca}) dos adobes.

	0%	20%	40%	60%	80%	100%
CP 1	0,31	0,23	0,09	0,16	0,18	0
CP 2	0,37	0,31	0,1	0,12	0,14	0
CP 3	0,3	0,21	0,09	0,15	0,14	0
CP 4	0,3	0,32	0,11	0,14	0,19	0
CP 5	0,27	0,19	0,11	0,16	0,22	0
CP 6	0,26	0,31	0,11	0,14	0,05	0
CP 7	0,27	0,33	0,1	0,15	0,21	0
CP 8	0,27	0,23	0,09	0,16	0,29	0
CP 9	0,29	0,22	0,1	0,16	0,2	0
CP 10	0,3	0,31	0,1	0,13	0,22	0
CP 11	0,33	0,3	0,09	0,13	0,11	0
CP 12	0,34	0,26	0,09	0,15	0,18	0
CP 13	0,27	0,31	0,11	0,16	0,18	0
Resistência à Compressão Média, f_{cam}, (Mpa)	0,30	0,27	0,10	0,15	0,18	0,00
Desvio Padrão	0,03	0,05	0,01	0,01	0,06	0,00
Resistência Característica à compressão, f_{cak}, (MPa)	0,24	0,19	0,09	0,12	0,08	0,00

De imediato é possível observar que as resistências médias alcançadas foram bem menores do que o mínimo estabelecido pela recente normativa brasileira [24], o que, no entanto, não impede a análise da influência do percentual de incorporação do resíduo no comportamento mecânico de resistência à compressão dos adobes.

Para a melhor visualização desse comportamento, os dados referentes à resistência à compressão dos adobes estão apresentados no *box plot* da Figura 6.

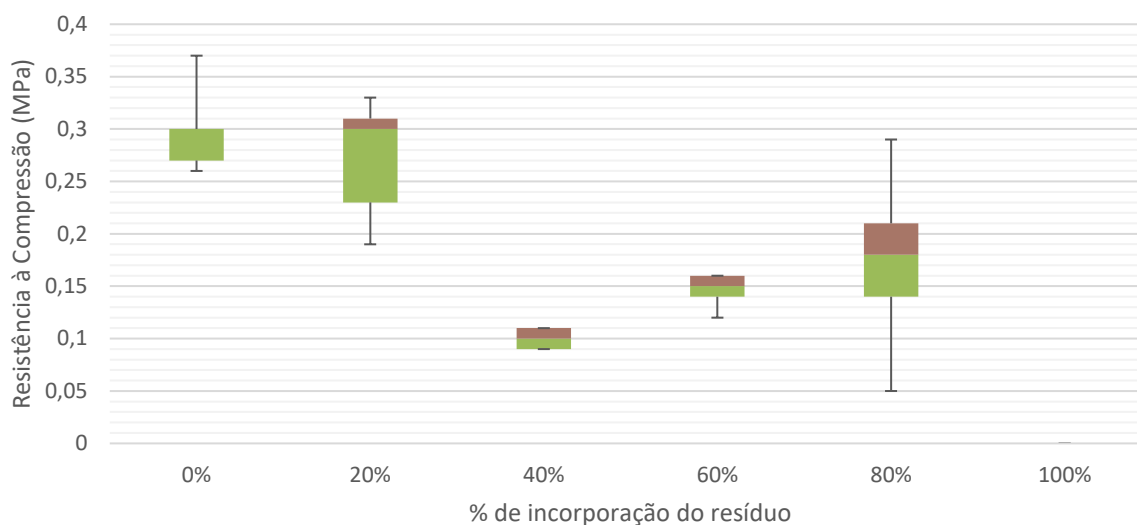


Figura 6. Consistência das misturas em função da taxa de incorporação do resíduo.

Com essa análise mais detalhada, é possível identificar que mesmo os adobes produzidos apenas com o solo, ou seja, com 0% de incorporação do resíduo, não atingiram a resistência mínima estabelecida e que os percentuais de 40% e 60%, a pesar de não terem apresentado resistências individuais maiores que as unidades de 20% e 80%, apresentaram melhor comportamento no conjunto geral, uma vez que houve pouca dispersão dos valores, garantindo melhor uniformidade dos resultados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim deste trabalho pôde-se verificar que, nestas condições de preparo e moldagem, os adobes ensaiados não atingiram o requisito mínimo de 1,5 MPa para a resistência à compressão. Tal fato se deu principalmente devido à falta de coesão da mistura com maiores percentuais de incorporação do resíduo da mineração de cobre e ouro do município de Alto Horizonte – GO.

A adição gradual do resíduo, ainda que tenha promovido redução na resistência à compressão dos adobes, foi um fator positivo para a observação de que as unidades produzidas com 80% e 100% tiveram bons resultados quanto à redução da absorção de água e diminuição dos efeitos nocivos da retração, durante o processo de secagem, o que faz com que seja importante a continuidade dos estudos para a determinação de estabilização, em proporções mais adequadas, para que a resistência à compressão também tenha resultados mais coerentes.

Por fim, cabe destacar que, dentro das condições analisadas, o percentual de 80% de incorporação do rejeito foi o que melhor se destacou dentro dos parâmetros avaliados. E, mesmo não tendo apresentado resultados satisfatórios, do ponto de vista normativo, a reutilização deste resíduo em outros tipos de materiais de construção se mostra bastante promissora, uma vez que a sua caracterização e o seu comportamento se parecem com o de uma areia natural, o que contribuiria para a diminuição do acúmulo do rejeito bem como para a diminuição da extração de matéria prima deste item tão amplamente utilizado na construção civil.

REFERÊNCIAS

- [1] Agência Nacional De Mineração – ANM. Informe Mineral 1º/2018. Brasília. 2018. Disponível

- em: http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/informe-mineral/publicacoes-nacionais/informe_mineral_1_2018.pdf. Acesso em: 16 jun. 2019.
- [2] Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM. Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração. Brasília: 2016. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00006222.pdf> Acesso em: 15 jun. 2019.
- [3] Fathy, Hassan. Construindo com o povo: arquitetura para os pobres. 2ª ed. Rio de Janeiro. Forense Universitária, 1982.
- [4] Pinheiro, R. Estudo da resistência do tijolo de adobe com adição de fibras naturais de coco verde para habitações de baixo custo. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2009.
- [5] Christenson, M. Viewpoint: “From the unknown to the known” Transitions in the architectural vernacular. In: BUILDINGS & LANDSCAPES. Journal of the Vernacular Architecture Forum. V. 18, n. 1, p. 1-13, Spring 2011. Article Published by University of Minnesota Press. 2011. Disponível em: https://www.academia.edu/715354/_From_the_Unknown_to_the_Known_Transitions_in_the_Architectural_Vernacular?auto=download. Acesso em: 30 maio 2019.
- [6] Ribeiro Do Vale, Jaqueline Leite; Penido De Rezende, Marco Antônio. Arquitetura Vernácula: uma análise do uso do adobe no distrito do Vitoriano Veeloso (Bichinho), Minas Gerais, Brasil. En: Arquitectura en tierra. Tecnologia sostenible y reutilización patrimonial. [online]. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid, 2018. Pp. 179-186. Disponível em: <https://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2018mexico/15XIVCIATTI2017.pdf>. Acesso em: 30 maio 2019.
- [7] AUGUSTIN, Byron; BAILEY, Michael. Adobe Bricks. Social Education, v. 65, n. 5, p. S4-S4, 2001.
- [8] MINKE, Gernot. Manual de construção com terra: uma arquitetura sustentável. 1 ed. 228 p. São Paulo: B4, 2015.
- [9] NEVES, Célia M. Martins; FARIA, Obede Borges. Técnicas de construção com terra. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011.
- [10] 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.
- [11] ARAYA-LETELIER, G.; CONCHA-RIEDEL, J.; ANTICO, F.C.; VALDÉS, C.; CÁCERES, G. Influence of natural fiber dosage and length on adobe mixes damage-mechanical behavior. Construction and Building Materials, v. 174, p. 645–655, 2018.
- [12] BERNARDI, D.; DEJONG, J. T.; MONTOYA, B. M.; MARTINEZ, B. C. Bio-bricks: Biologically cemented sandstone bricks. Construction and Building Materials, v. 55, p. 462–469, 2014.
- [13] MILLOGO, Y.; HAJJAJI, M.; OUEDRAOGO, R. Microstructure and physical properties of lime-clayey adobe bricks. Construction and Building Materials, v. 22, n. 12, p. 2386–2392, 2008.
- [14] PINEDA-PIÑÓN, Jorge; VEGA-DURÁN, J. T.; MANZANO-RAMÍREZ, A. PÉREZ-ROBLES, J. F. BALMORI-RAMÍREZ, H. HERNÁNDEZ-LANDAVERDE, M. A.. Enhancement of mechanical and hydrophobic properties of Adobes for Building Industry by the addition of polymeric agents. Handbook of Environmental Chemistry, Volume 5: Water Pollution, v. 42, n. 2, p. 877–883, 2007.
- [15] Moore, C. M.; Miranda H. M.; Hampton, A. P.; Ritchie, D. G. Technical Report on the Chapada Mine, Goiás State, Brazil. 2019. Disponível em <https://www.lundinmining.com/site/assets/files/7957/191010_-_chapada_ni_43-

101_tecnical_report.pdfhttps://www.imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/goias-visao-geral/goias-visao-geral.pdf> Acesso em 31 mar. 2021.

- [16] Prodanov, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição. Editora Feevale, 2013.
- [17] Associação Brasileira De Normas Técnicas – ABNT. NBR 6458: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, RJ: 2016.
- [18] Associação Brasileira De Normas Técnicas NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, RJ: 2016.
- [19] Associação Brasileira De Normas Técnicas NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, RJ: 2016.
- [20] Associação Brasileira De Normas Técnicas NBR 7181: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, RJ: 2016.
- [21] Associação Brasileira De Normas Técnicas NBR 16889: Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro. 2020.
- [22] Associação Brasileira De Cimento Portland - ABCP: Construção de paredes monolíticas com solo-cimento compactado - BT-110. 3ª ed. São Paulo. 1998.
- [23] Associação Brasileira De Normas Técnicas NBR 10836: Bloco de solo-cimento sem função estrutural - Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água - Método de ensaio. Rio de Janeiro, RJ: 2013.
- [24] Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 16814: adobe: requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- [25] Caputo, Homero Pinto (1988 e outras), Mecânica dos Solos e suas aplicações, vol. 1.