

INFLUÊNCIA DA CALCINAÇÃO DE PRECURSORES, COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE ESCORIA DE FUSÃO DE Pb, SOBRE A RESISTÊNCIA MECÂNICA DO GEOPOLÍMERO.

Gustavo Telles de Araujo, Oscar Khoiti Ueno (orientador)

INTRODUÇÃO

A manufatura aditiva (MA) é uma tecnologia promissora para estruturas complexas, com menor desperdício de material e elevado controle dimensional. Dentre os materiais utilizados as são argamassas de cimento Portland, e como material alternativo, os geopolímeros se destacam pela alta resistência química, térmica e menor emissão de CO₂ (Liu et al., 2024). O metacaulim, material obtido pela calcinação controlada entre 700-900 °C do caulim, e uma das fontes de precursores de Si e Al, apresenta elevada reatividade e capacidade de formar ligações geopoliméricas estáveis (Martínez-Martínez et al., 2024; Lech & Wyszomirski, 2020). A temperaturas 850 °C apresenta completa desidroxilação da caulinita sem formação significativa de fases cristalinas (Lech & Wyszomirski, 2020; Martínez-Martínez et al., 2024). De acordo com N'cho et al. (2023), indica que a essa temperatura de calcinação, potencializa estruturas amorfas altamente reativas, otimizando a polimerização do geopolímero. A resistência à tração e flexão dos geopolímeros depende da razão Si/Al, tipo de ativador alcalino e condições de cura, sendo capaz de reter metais pesados como Pb em sua matriz (Jianguo Zhang; et al ; Bernal & Provis, 2014; Panda et al., 2018). O presente trabalho investiga a influência da temperatura de calcinação do metacaulim, de diferentes precursores de Al e Si, com adição de escória da fusão de chumbo, nas propriedades mecânicas dos geopolímeros.

DESENVOLVIMENTO

Foram utilizados três precursores calcinados a 850 °C: MK Brasil, Caulim Comercial e Argila Vermelha. As misturas tiveram proporção mássica de 1:0,9 entre metacaulim e solução alcalina, com escória de chumbo (Pb) em 5% e 10%. Misturas foram homogeneizadas em plataforma vibratória e corpos de prova moldados em moldes acrílicos prismáticos de 10 × 2 × 1 cm. A cura ocorreu em temperatura ambiente por 28 dias. O ensaio de resistência à flexão seguiu carregamento em três pontos em máquina EMIC, com distância entre apoios de 70 mm e carga aplicada no centro até ruptura. Após o ensaio seguiu análises de densidade aparente, absorção em álcool e porosidade, bem como, imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

RESULTADOS

Os ensaios mostram, na figura 1 (RMF), resistências médias dos três precursores entre 4 e 8 MPa após 28 dias de cura. A argila vermelha se destaca pelo seu comportamento atípico sua resistência mecânica aumentou com 10% de adição de resíduo, apesar de elevados níveis de porosidade e absorção nessa condição sua resistência teve um ganho de 25% em relação ao comportamento, sem resíduo com uma média de RMF 8,47MPa. A adição de 5% de resíduo reduziu a coesão da matriz na argila vermelha e a comercial, com queda de 50% na RMF em relação a 0%. O tipo de metacaulim, obtido pela calcinação a 850 °C, influencia densidade e absorção. Impurezas como quartzo que reduzem a reatividade da fonte precursora, possivelmente causando a redução da RMF com 5% de resíduo, como mostrado nas imagens de MEV da figura 2. Comparativamente a argila vermelha se destaca pelo aumento da RMF, com resistência de 8,47 para 10,48 MPa, densidade 1,92 g/cm³ e absorção 5,8% com 10% de resíduo. O MK Brasil, com maior DA (1,96 g/cm³) e menor AA de 4,9%, reduziu a RMF de

8,91 para 6,77 MPa. O caulim comercial obteve menores parâmetros, com maior AA (8,3%), dedução da DA (1,78 g/cm³) e redução da resistência de 8,00 para 3,80 MPa, o que aponta a o tipo de precursor e a temperatura de calcinação, influência a microestrutura e nas propriedades do geopolímero.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise comparativa entre argila vermelha, caulim comercial e MK Brasil evidenciou que amostras com maior densidade aparente e absorção relativa, sem resíduo apresentaram bom desempenho mecânico, indicando correlação direta entre microestrutura, porosidade e resistência. A argila vermelha mostra que a adição de 10% de resíduo aumento a RMF, enquanto o caulim comercial apresentou redução da RMF. A incorporação de resíduos industriais, da escória da fusão de chumbo, aponta como viável sua incorporação na matriz geopolimérica.

Palavras-chave:

Geopolímero; Argilominerais; Resíduos sólidos; Síntese;

ILUSTRAÇÕES

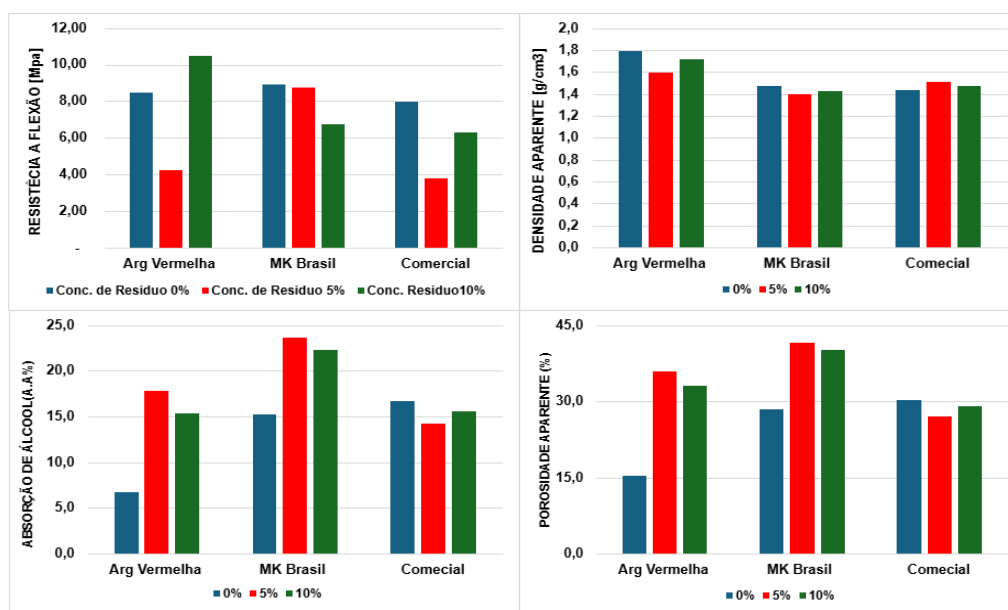


Figura 1. Resistência Mecânica; Densidade Aparente; Absorção e Porosidade Aparente.

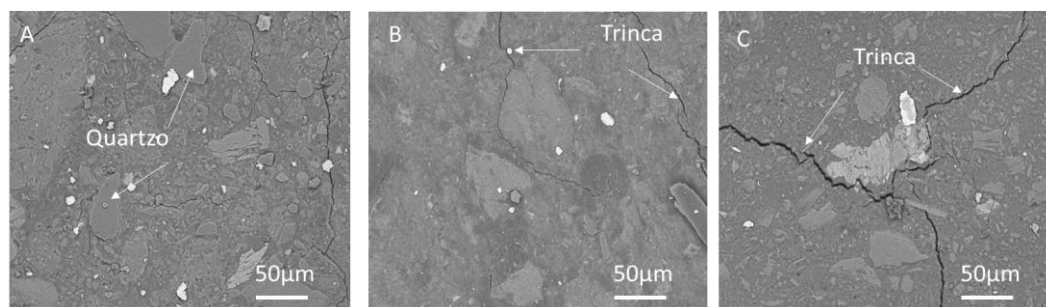


Figura 2. Imagem MEV com 10% resíduo A) Argila vermelha; B) MK Brasil; C) Caulim Comercial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNAL, S. A.; PROVIS, J. L. Durability of alkali-activated materials: Progress and perspectives. *Journal of the American Ceramic Society*, v. 97, n. 4, p. 997–1008, 2014.

CARDOSO, F. A.; VIEIRA, A. C.; GOMES, D. L.; LIMA, R. S. Utilização de resíduos na formulação de geopolímeros para construção civil. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, v. 17, n. 3, p. 1–15, 2024.

JIANGUO ZHANG; et al -"Geopolymers for immobilization of Cr6+, Cd2+, and Pb2+ *Journal of Hazardous Materials* 157 (2008) 587–598

LECH, R.; WYSZOMIRSKI, P. Structural transformations of kaolinite to metakaolinite at different calcination temperatures. *Applied Clay Science*, v. 187, p. 105–122, 2020.

LIU, H.; ZHAO, J.; LI, Q.; CHEN, Y.; ZHANG, W. Development and characterization of sustainable geopolymers: A review. *Construction and Building Materials*, v. 423, p. 139–158, 2024.

MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A.; PEREIRA, M.; SILVA, J.; GOMES, R. Influence of calcination conditions on the reactivity of metakaolin for geopolymer production. *Journal of Materials Research and Technology*, v. 25, p. 11345–11358, 2024.

N'CHO, D. J.; KOUADIO, K. J.; KOUAKOU, A. D.; TRAORÉ, K. Mechanical and microstructural performance of metakaolin-based geopolymers. *Materials Today: Proceedings*, v. 62, p. 2337–2343, 2023.

PANDA, B.; PAUL, S. C.; MOHAMED, N. A.; TAN, M. J. Measurement of tensile bond strength of 3D printed geopolymer mortar. *Measurement*, v. 113, p. 108–116, 2018.

RASHAD, A. M. A comprehensive overview about the influence of different additives on the properties of alkali-activated slag – A guide for Civil Engineer. *Construction and Building Materials*, v. 47, p. 29–55, 2014.

RUSCITTI, A.; ANDREOLA, F.; MANFREDINI, T.; HOTZA, D. Revisão sobre manufatura aditiva de material cerâmico por extrusão de massa à base de argila. Buenos Aires: CIC-CONICET, 2020.

WANDERLEY, M. C.; SILVA, J. B.; COSTA, H. R.; ROCHA, R. L. Geopolímeros: uma alternativa sustentável na construção civil. *Revista Matéria*, v. 26, n. 4, p. 1–12, 2021.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: GUSTAVO TELLES DE ARAUJO

MODALIDADE DE BOLSA: PROIP/UDESC (IP)

VIGÊNCIA: 01/09/2024 a 31/08/2025 Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Oscar Khoiti Ueno

CENTRO DE ENSINO: CEPLAN

DEPARTAMENTO: Departamento de tecnologia Industrial (DTI)

ÁREAS DE CONHECIMENTO: 3.03.00.00-2 Engenharia de Materiais e Metalúrgica/ 3.03.05.00-4
Materiais não metálicos

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: INFLUÊNCIA DOS RESÍDUOS DE ESCÓRIA,
PROVENIENTE DA RECICLAGEM SECUNDÁRIA DE BATERIAS EM MATERIAIS CERÂMICOS.

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP3280-2021