

Síntese e caracterização de geopolímeros na adsorção de efluentes.

Nathalia S. Teixeira^{1*}, Mariele I.S. Melo¹, Sibele B.C. Pergher¹, Ana Paula C. Teixeira², Dulce Maria de A. Melo¹

*E-mail: nathalia.souza.704@ufrn.edu.br.¹

¹Laboratório de Peneiras Moleculares (LABPEMOL), Universidade Federal de Rio Grande do Norte (UFRN), Natal-RN, 59.072-070, Brasil

²Grupo de Tecnologia Ambientais (GRUTAM), Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Minas Gerais- MG, 31270-901, Brasil

Resumo/Abstract

RESUMO - Geopolímeros foram sintetizados empregando diferentes materiais: caulim de cobertura (CC), Cinzas de carvão e Perlita expandida. O caulim foi calcinado a 700°C, 4hr e 10°C/min para sua transformação em metacaulim e desta forma aumentar sua reatividade. Posteriormente para a síntese dos geopolímeros, os materiais de partida passaram por um processo de dissolução, hidrólise e condensação. Os materiais obtidos foram caracterizados a partir da identificação das fases e estrutura do material pela Difração de raios- X (DRX), Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) na identificação de grupos funcionais, a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para análise da morfologia. Os resultados apontam que os geopolímeros podem desenvolver propriedades interessantes ao depender da reatividade e impurezas das matérias-primas de partida.

Palavras-chave: Geopolímeros, materiais, reatividade.

ABSTRACT - Geopolymers were synthesized using different raw materials: overburden kaolin (CC), coal fly ash, and expanded perlite. The kaolin was calcined at 700°C for 4 hours with a heating rate of 10°C/min to convert it into metakaolin, increasing its reactivity. For the geopolymer synthesis, the raw materials underwent dissolution, hydrolysis, and condensation processes. The materials obtained were characterized by different techniques: X-ray Diffraction (XRD) to identify the phases and structure, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) to determine functional groups, and Scanning Electron Microscopy (SEM) to analyze morphology. The results show that the geopolymers can develop interesting properties depending on the reactivity and impurities of the starting materials.

Keywords: Geopolymers, materials, reactivity.

Introdução

Na construção civil, o cimento Portland é responsável por 10-15% das emissões globais de CO₂, destacando a necessidade de materiais cimentícios suplementares. Os geopolímeros surgem como uma alternativa com baixo consumo energético, custo e emissões. São formados por aluminossilicatos naturais ou resíduos industriais, e ocorre em temperatura ambiente por ativação alcalina, resultando em uma rede tridimensional amorfa de unidades AlO₄ e SiO₄¹.

Fatores como pré-tratamento, razão Si/Al e ativador alcalino influenciam nas propriedades dos geopolímeros. A variabilidade das matérias-primas, como metacaulim, cinzas de carvão e pó de vidro, permite a síntese de materiais com diferentes características. Isso possibilita a otimização nas aplicações de construção civil, encapsulamento de resíduos e materiais refratários². Em vista disso, o trabalho propõe estudar três materiais diferentes para a síntese de geopolímeros na aplicação da adsorção de efluentes.

Experimental

O caulim de cobertura proveniente de Jequitibá (MG) foi calcinado a 700°C, 4 h a 10° C/min para obtenção de metacaulim reativo e realizou a síntese padrão. Adiciona-se uma solução de hidróxido de Sódio 98%, uma solução de Silicato de sódio – SiO₂ 29,1% e Na₂O 8,95% e água destilada, com tempo de cura de 7 dias em temperatura ambiente. Foi realizado as sínteses com as Cinzas de Carvão (Florianópolis, SC) e perlita expandida (Rio Grande do Sul) com adição de metacaulim para equilibrar a razão molar do Si/Al. A síntese dos geopolímeros envolveu etapas de dissolução, hidrólise e condensação³.

Resultados e Discussão

Difração de raios-X (DRX):

Os resultados de DRX mostram que a formação amorfa ou cristalina dos geopolímeros depende do material de partida. Nos geopolímeros com cinzas (Geo. Cinzas) e

adição de metacaulim, há presença de mulita (M) e quartzo (Q), indicando reação incompleta e estrutura parcialmente amorfa. Já os geopolímeros com perlita (Geo. Perlita) e adição de metacaulim e apenas metacaulim (Geo.Cobert. 3), apresentaram padrão predominantemente amorfo, relacionado à formação da rede tridimensional geopolimérica⁴.

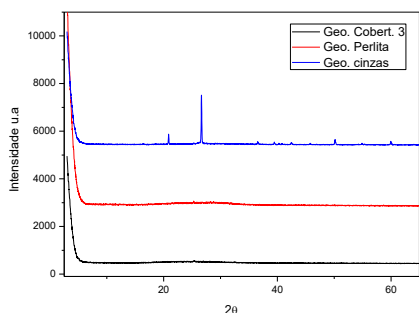


Figura 1. Difratogramas de raios-X (DRX) dos geopolímeros

Espectroscopia de transformada de Fourier (FTIR)

A figura 2 apresenta os espectros na região IV para os geopolímeros sintetizados. Observa-se os grupos funcionais presentes nos geopolímeros. A banda em torno de 3401 cm^{-1} está associada as ligações de O-H na água absorvida. Em torno de 1440 cm^{-1} indica um excesso de sódio que não foi totalmente dissolvido na ativação alcalina, em torno de 991 cm^{-1} apresenta a principal banda da estrutura, na formação da rede amorfa. Em torno de 706 cm^{-1} , é atribuído as vibrações simétricas nas formações das ligações na rede tridimensional com Si – O – T, onde T= Si ou Al⁵.

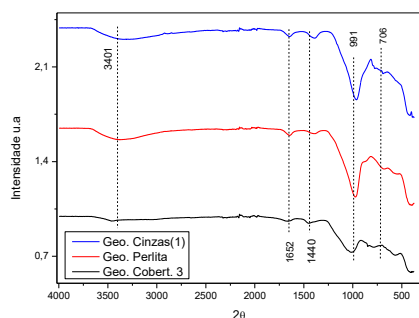


Figura 2. Espectro de infravermelho de geopolímeros formados a partir de diferentes matérias-primas

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A microscopia revela que a morfologia dos geopolímeros varia conforme a reatividade, influenciada pela calcinação e fases cristalinas. Geopolímeros de perlita com metacaulim ou apenas metacaulim apresentam amorfização; o (Geo. Cinzas (1) com adição de metacaulim contém esferas residuais que não reagiram totalmente⁶.

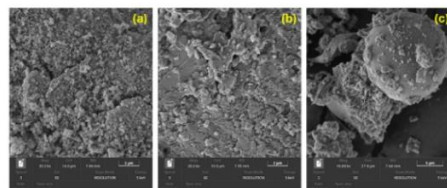


Figura 3. Microscopia eletrônica de varredura dos geopolímeros (a) Geo. Perlita; (b) Geo. Cobert. 3, (c) Geo. Cinzas (1)

Conclusões

Portanto, os geopolímeros formados a partir de diferentes matérias primas influência diretamente na estrutura, propriedades e aplicações. Os geopolímeros com formação de fases cristalinas, reduz a reatividade e são aplicadas a encapsulamento de metais e os amorfos, são reativos e resistentes para adsorção de efluentes e materiais cimentícios.

Agradecimentos

Agradeço ao LABPEMOL, GRUTAM, UFRN, CAPES e PPGCEM.

Referências

1. NANDA, B.; MISHRA, J.; PATRO, S.K. *Journal of Building Engineering*, **2024**, 91, 109694.
2. ZHANG, M.; ZHU, M.; CHEN, B.; LIU, N.; JIANG, Z. *Construction and Building Materials*, **2024**, 449, 138466.
3. AOUAN, B.; ALEHYEN, S.; FADIL, M.; ALOUANI, M.E.; SAUFI, H.; TAIBI, M.H. *Construction and Building Materials*, **2023**, 384, 131475.
4. ELMAHDOUBI, F.; MABROUM, S.; HAKKOU, R.; IBNOUSSINA, M. *Minerals*, **2021**, 11, 1344.
5. RONDINELLA, A.; FURLANI, E.; ZANOCCO, M.; LEITENBURG, C.; SCAGNETTO, F.; MASCHIO, S. *Ceramics international*, **2023**, 49, 26726-26733.
6. TOME, S.; NANA, A.; TCHAKOUTÉ, H.K.; TEMUJIN, J.; RUSCHER, C.H. *Ceramics International*, **2024**, 50, 35855-35868.