

ESTUDO DO EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DO NaOH EM RELAÇÃO A TEMPERATURA E O TEMPO DE CURA

C. E. Pereira¹, e B. V. Sousa¹

¹Universidade Federal de Campina Grande – Unidade Acadêmica de
Engenharia Química

Rua Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitários – CEP: 58429-140 – Fone
(083) 2101 – 1000; dudaduda5@gmail.com, bianca@deq.ufcg.edu

RESUMO

Geopolímeros são materiais cimentícios, preparados por ativação alcalina do aluminosilicato, são favoráveis ao meio ambiente e necessitam somente de energia moderada para serem produzidos. Essa nova tecnologia contribui amplamente para a diminuição do impacto ambiental, já que há queda de 80% de emissão de gás carbônico para a atmosfera. Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da temperatura e tempo sobre a amostra. Para tal finalidade foi utilizado a lama de bauxita proveniente da ALUMAR como precursor e outros reagentes. As composições químicas utilizadas foram: 3SiO_2 : Al_2O_3 : NaOH : $7\text{H}_2\text{O}$ e $3,6\text{SiO}_2$: $1,2\text{Al}_2\text{O}_3$: $6\text{H}_2\text{O}$. O material obtido foi curado a 60°C por 6h. Em seguida, a temperatura ambiente por até 30 dias. As amostras foram avaliadas através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e desempenho de resistência mecânica de acordo com o tempo de cura da amostra. Observou-se alta resistência geopolimérica de 4,0 MPa quando a mistura foi formulada com 12M NaOH e com o dobro de metacaulim.

Palavras-chave: geopolímero, ativação alcalina, lama de bauxita

INTRODUÇÃO

A produção de cimento Portland libera uma quantidade considerável de gás estufa como um resultado de descarbonatação de calcário no forno durante a fabricação de cimento e da combustão de combustíveis fósseis. Além disso, o cimento Portland também está entre a maioria dos materiais de elevada intensidade energética da construção, depois de alumínio e aço⁽¹⁾. Portanto, a busca de uma nova alternativa para substituir o cimento Portland.

Uma nova forma de materiais cimentícios chamado geopolímero foi desenvolvido⁽²⁾. Os geopolímeros podem ser definidos como polímeros inorgânicos em que tetraedros de SiO_4 e AlO_4 formam uma rede tridimensional ao se ligarem pelo compartilhamento de todos os seus átomos de oxigênio, devendo essa rede ser estabilizada pela presença de cátions monovalentes tais como Na^+ e K^+ .

Os precursores industriais provenientes da mineração e das usinas termoelétricas são compostos, geralmente, de sílica e alumina. Diversas fontes de aluminosilicatos podem ser utilizadas na síntese de geopolímero. Os precursores tradicionais mais utilizados são a metacaulinita (argila calcinada altamente reativa), as cinzas volantes e escórias de alto forno (resíduos das indústrias siderúrgicas e termoelétricas)⁽³⁾.

De acordo com Palomo (1999)⁽⁴⁾, a ativação alcalina, é um processo químico que permite transformar estruturas vítreas (parcial ou totalmente amorfa e/ou metaestável) em um compósito bem compactado e cimentante. O geopolímero requer um meio fortemente alcalino para dissolver uma certa quantidade de sílica e alumina com o objetivo de promover a hidrólise da superfície das partículas da matéria-prima⁽⁵⁾. Este meio poder ser obtido usando um só ativador ou em combinações. Os ativadores mais comum no processo de geopolimerização utilizados são NaOH e KOH.

A construção civil tem sido o setor mais visado para o emprego dos geopolímeros, uma vez que suas propriedades podem ser muito similares, ou até mesmo superiores, às dos materiais cerâmicos aplicados nesse campo, no que se incluem as cerâmicas vermelhas, cimentos, concretos, entre outros. No entanto, o maior diferencial dos geopolímeros em relação a esses produtos convencionais estaria em seus aspectos quanto à sustentabilidade, pois os

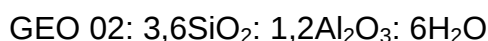
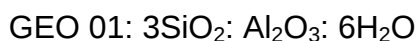
processos de geopolimerização poderiam ser energeticamente menos intensivos (em comparação ao processo de produção do cimento Portland) e, principalmente aproveitar os resíduos industriais (^{6,7}).

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência do ativador alcalino, o hidróxido de sódio (NaOH), com diferentes concentrações (10 e 12 M) utilizando duas composições de síntese de geopolímero. O geopolímero obtido foi preparado a partir da lama de bauxita, como precursor.

PARTE EXPERIMENTAL

Preparação do Geopolímero

A preparação das pastas para esse trabalho seguiu a metodologia baseada no procedimento(⁸). Para a obtenção destes compósitos foram utilizados lama de bauxita como a precursora com sua composição química definida para que então pudesse ser complementado com a cinza casca de arroz e o metacaulim, como fontes de alumínio e silício. Para a ativação alcalina foi utilizado hidróxido de sódio (NaOH) para garantir o pH necessário à geopolimerização. A preparação da pasta incidiu das seguintes etapas: 1) se preparou uma solução com hidróxido de sódio com concentração de 10M. 2) Misturou-se o resíduo de bauxita, a cinza de casca de arroz, metacaulim e a água destilada e a este material foi adicionado a primeira solução preparadas de acordo com a composição molar estabelecida. Quando a consistência foi alcançada, as amostras foram moldadas e curado em estufa por 6h a 60°C, após foram mantidas em temperatura ambiente até serem usadas em experimentos de resistência. A superfície dos moldes com pastas foram cobertas com filme de polietileno para simular cura hidrotermal. Esse mesmo procedimento foi realizado para concentração da solução alcalina de 12M de NaOH e com o dobro de metacaulim na composição do geopolímero. As composições obtidas, respectivamente, GEO 01 e GEO 02, são:



CARACTERIZAÇÃO

Resistência Mecânica

Os ensaios de resistência mecânica foram realizados em um equipamento de ensaios universais da Shimadzu de forma retangulares de dimensões 10x20 cm (altura x largura), para serem ensaiados para casa tipo de geopolímero sintetizado. O modo de ruptura também no terço médio, onde a carga máxima coincide com o início da trinca e da fratura do material.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As amostras do geopolímeros foram analisados por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), possibilita a obtenção de imagens que permitem visualizar com apreciável detalhe os aspectos da microestrutura do material. O estudo efetuado no MEV foi feito após preparação das deferentes amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teste de Resistência Mecânica do Geopolímero

Os resultados dos ensaios de resistência mecânica para as duas composições são apresentadas nas Figuras 1 e 2, com a variação do ativador alcalino 10M de NaOH e tempo de cura 26 e 30 dias e 12M NaOH com tempo de cura 13 e 20 dias.

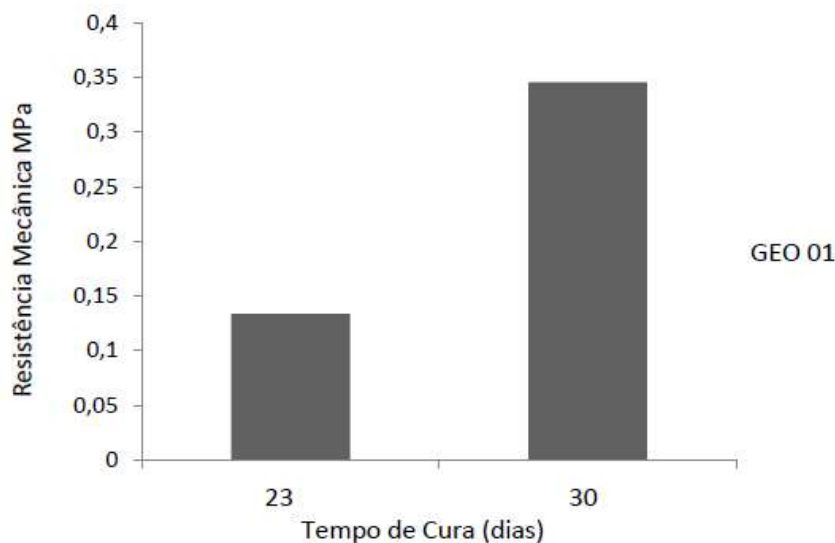


Figura – 1 Resistência mecânica do geopolímero sintetizado, com concentração de 10M e tempo de cura 23 e 30 dias.

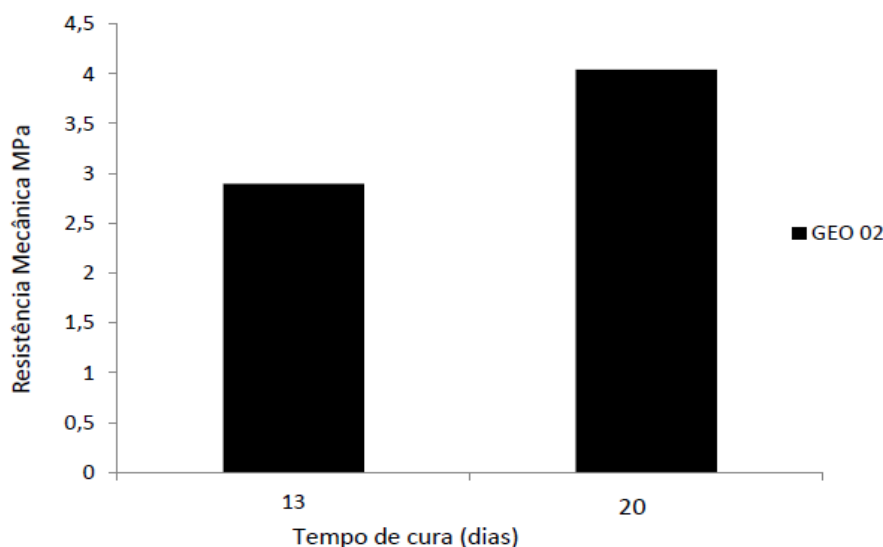


Figura – 2 Resistências mecânicas do geopolímero sintetizado, com concentração de 12M e tempo de cura 13 e 20 dias.

Observa-se que os valores de resistência foram relativamente baixos. Para as amostras GEO 01 com concentração de 10M, a variação na medida de resistência mecânica foi pequena aos diferentes tempos de cura. Este fato pode ser atribuído ao baixo desempenho mecânico devido ao ataque do percussor e, conseqüentemente, a solubilidade inadequada e a formação de uma quantidade insuficiente de gel de alumínio (⁹).

A análise dos resultados de resistência realizados na amostra GEO 02 apresentou um valor máximo em torno de 4MPa em 30 dias, com a variação na quantidade de metacaulim e com a concentração de 12M. Sendo assim, em relação ao tipo de material precursor, ativados com os hidróxidos, o aumento do teor de sódio acarreta um aumento da resistência mecânica nas amostras^(10 e 11). De acordo com Davidovits (1991 e 1994) que este cátion atuam como estabilizador do equilíbrio eletrônico da cadeia geopolimérica, o que está relacionado com a diferença das valências do alumínio (trivalente) e do silício (tetraivalente) ^(2 e 11).

Para a avaliação dos resultados para a amostra GEO 02, verifica-se que, apresentou maior valor de resistência aos 30 dias, correspondendo a 96,71% do valor do GEO 01 com 3,29 mostrando-se, portanto o menor valor dessa propriedade.

Micrografia Eletrônica de Varredura

Para obtenção das micrografias, os corpos de provas foram cortados em forma quadrática. Como geopolímero são intensamente não condutores, a amostra foi metalizada utilizado ouro/paládio por pulverização catódica revestida para assegurar que não haja nenhuma arqueamento ou instabilidade da imagem durante a micrografia. A Figura 3 mostra as micrografias da amostra GEO 02 do cimento geopolimérico obtidas com ampliação.

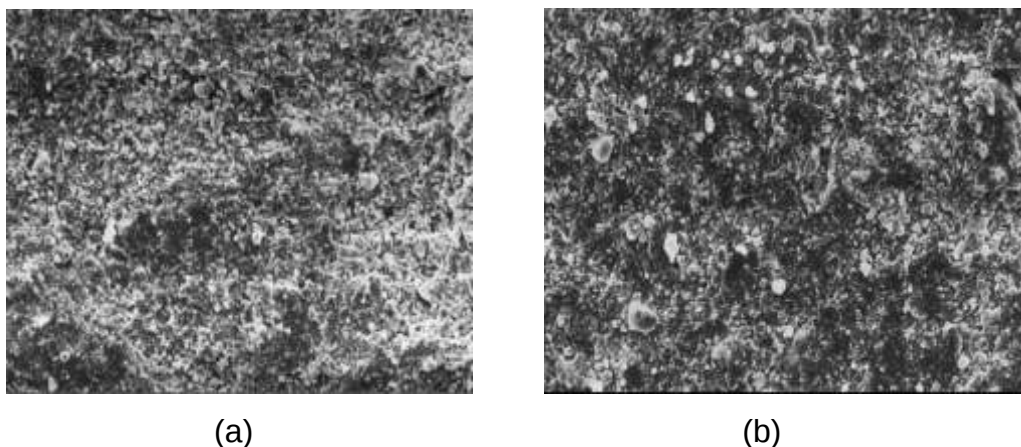


Figura – 3 Micrografias mostrando a microestrutura do geopolímero com concentração de 10 M do NaOH. A Figura 3 a com um aumento de x500 e a b com x1000.

Observa-se na Figura 3 que, a quantidade de água evaporada após o tratamento térmico, apresenta a formação de tamanho de poros, As micrografias apresentam tamanhos de poros com medições entre 2,4 e 3,3 μm . Portanto, a adição do metacaulim, pode melhorar significativamente o desempenho das propriedades dos concretos estruturais leve, compensando algumas limitações impostas pela utilização do agregado leve, com o aumento da resistência mecânica.

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a composição dos materiais de partida e a concentração do hidróxido de sódio influenciaram diretamente nas propriedades das pastas geopoliméricas. Embora sílica e alumina são os principais precursores para a reação de geopolimérização, outros fatores como concentração do ativador alcalino, tempo de cura e temperatura, desempenham um papel significativo na determinação da estrutura e propriedades do geopolímero. A propriedade mecânica do geopolímero GEO 02 aumentou com o tempo de cura dos materiais e com o aumento da concentração da solução alcalina e do metacaulim, sendo assim as proporções dos diferentes materiais influenciam na resistência mecânica. A diferença de comportamento entre os resultados de resistência mecânica entre as amostras GEO 01 e GEO 02, poderia indicar que a resistência estaria associada a uma maior incorporação de ar, na amostra GEO 01. Uma combinação entre o MEV e Resistência Mecânica demonstraram a baixa quantidade de poros existentes na estrutura do material (Geopolímero).

REFERÊNCIAS

- (1) HARDJITO D., WALLAH, S.E., SUMAJOUW D.M.J., RANGAN V., Fly ash-based geopolymer concrete Aust. J. Struct. Eng., 6 (2005), pp. 1–9.
- (2) DAVIDOVITS J., Geopolymer: inorganic polymeric new materials, Journal of Thermal Analysis, 37 (1991), pp. 1633–1656.

- (3) SOUSA, J. D. R. B., Adesivos Alcalinamente Ativados: Ativação com Silicato de Potássio e Silicato de Sódio, Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, 2009.
- (4) PALOMO A.; GRUTZECK, M.W., Blanco MT. Alkali-activated fly ashes. a cement for future. Cement Concrete Res 1999;29:1323–9.
- (5) VAN JAARSVELD, J. G. S., VAN DEVENTER J. S. J., LORENZEN L., The potential use of geopolymeric materials to immobilise toxic metals: Part I. Theory and applications. Miner Eng 1997;10(7):659–69.
- (6) DOMBROWSKI K., BUCHWALD, A., WEIL M., J. Mater. Sci. 42 (2006) 3033-3043.
- (7) DUXSON P., JIMÉNEZ A. F.,PROVIS J. L., LUKEY G. C., PALOMO A., VAN DEVENTER J. S. J., J. Mater. Sci. 42 (2007) 2917-2933.
- (8) CHENG, T.W.; CHIU, J.P. Fire-resistant geopolymer produced by granulated blast furnace slag. In: Minerals Engineering 16(3): 205-210 (2003).
- (9) VARGAS, A. S.; MOLIN D.C.C.D.; VILELA, A.C.F.; SILVA, F.J.; PAVÃO B.; VEIT, H.; The effects of Na₂O /SiO₂ molar ratio, curing temperature and age on compressive strength, morphology and microstructure of alkali-activated fly ash-based geopolymers, in: Cement & Concrete Composites, 2011.
- (10) DUXTON, P. The structure and thermal evolution of metakaolin geopolymers. Thesis of Doctor of Philosophy in Engineering of Department of Chemical and Biomolecular Engineering, the University of Melbourne, 2006.
- (11) DAVIDOVITS, J. *Properties of geopolymer cements*. In: Proceedings First International Conference on Alkaline Cements and Concretes, Kiev, Ukraine, 131 (1994).

EFFECT OF NaOH CONCENTRATION IN RELATION WITH THE TEMPERATURE AND THE CURING TIME

ABSTRACT

Geopolymers are cementitious materials which are prepared by alkaline activation of aluminosilicate, are favorable to the environment and only require moderate energy to be produced. This new technology contributes significantly

to the reduction of environmental impact, since there is a drop of 80% of carbon emissions into the atmosphere. This study aims to evaluate the effect of temperature and time on the sample. For this purpose we used the red mud from ALUMAR industry as a precursor and other reagents. The chemical composition was: 3SiO_2 : $1\text{Al}_2\text{O}_3$: 1NaOH : $7\text{H}_2\text{O}$. The material was cured at 60 °C for 6h. Then, at room temperature for 28 days. The obtained material was cured at 60 °C for 6h. Then, at room temperature for 28 days. The samples were analyzed by scanning electron microscopy (SEM) and porosity of Hg to identify the structure of the material obtained. It was evaluated the performance of the mechanical resistance of the material according to the curing time of the sample.

Key-words: geopolymer, alkaline activator, red mud