INFLUÊNCIA DE REDUTORES DE DENSIDADE NAS PROPRIEDADES FISICO-QUÍMICAS E MECÂNICAS DE COMPOSIÇÕES GEOPOLIMÉRICAS À BASE DE VIDRO RECICLADO

Francine Marcondes (PIBIC/Fundação Araucária/UEPG), Sidnei Antonio Pianaro (Orientador), e-mail: sap@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia de Materiais

Área: 3.03.00.00-2 Engenharia de Materiais e Metalúrgica/ Subárea: 3.03.05.00-4 Materiais não Metálicos - 3.03.05.02-0 Cerâmicos

Palavras-chave: geopolímero, cimento, sustentabilidade, cerâmica, vidro reciclado, densidade.

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo o uso de redutores de densidade, no caso o peróxido de hidrogênio, em uma massa de cimento alternativo, geopolimérico, a base de vidro reciclado. Realizou-se esse estudo pela necessidade de produtos que possam substituir o cimento Portland, pois o mesmo é responsável por causar problemas ambientais com a liberação de dióxido de carbono na atmosfera. Como a maioria das aplicações do geopolímero se da para uso estrutural buscou-se um meio de reduzir a densidade do mesmo a fim de facilitar a aplicação e reduzir custos.

Introdução

O concreto é um dos materiais mais utilizados com fins estruturais, pode ser considerado um inimigo da natureza, devido à alta emissão de poluentes ocasionada na produção de cimento. As empresas fabricantes de cimento produzem por ano cerca de dois bilhões de toneladas de cimento os quais são responsáveis pela emissão de dois bilhões de toneladas de CO_2 em seu processamento. (1,2, 3, 4).
Em razão disso, o desenvolvimento de substitutos para o cimento Portland reduzindo os danos ao meio ambiente. Uma solução para isso são os cimentos geopoliméricos, que podem ser formados a partir de óxidos de sílica-alumina misturados com hidróxidos alcalinos e silicatos alcalinos, deste modo é ser um potencial substituto ao cimento Portland (4).
Os cimentos geopoliméricos podem ser produzidos por meio de precursores como metacaulim, cinzas volantes, escória de alto forno e resíduos de vidro moído. Ainda, verifica-se que há a tendência de otimização da síntese de geopolímeros, principalmente em relação a produção de materiais mais leves e resistentes (4, 5). Portanto, o objetivo deste trabalho é estudar a síntese de geopolímeros de baixa densidade, avaliando a influência da adição de peróxido de hidrogênio na porosidade e resistência de placas geopoliméricas produzidos a partir de resíduos de vidro moído e de construção civil.

Materiais e Métodos

MATÉRIAS PRIMAS PARA CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS

Vidro: Os resíduos utilizados são provenientes do descarte de vidros planos como janelas e portas. A granulometria do vidro moído utilizado foi passante em peneira com abertura nominal de 300µm. O vidro não foi seco antes de sua utilização.
Cal Virgem: O CaO pode contribuir para uma maior compactação de estruturas geopoliméricas, conforme observou Davidovits (10). A cal utilizada foi a cal virgem hidratada Calponta.
Resíduo de Construção Civil: O material possui razão Si:Al de 2,79. O material foi recebido após sua moagem e foi peneirado para que sejam utilizadas partículas passantes em peneira 2 mm.
Ativadores Alcalinos: Como meio alcalino foi utilizado o hidróxido de potássio (KOH), na forma de pastilhas da marca Pequim, com peso molar de 56,11 g/mol.
Peróxido de Hidrogênio: Como agente espumante, utilizou-se o peróxido de hidrogênio 50% P.A. da marca Rea-Tech, de densidade 1,15g/ml, adicionado em diferentes proporções em peso para alterar a densidade das amostras geopoliméricas.

METODOLOGIA DE PREPARO DAS FORMULAÇÕES
Preparação das Amostras: Primeiramente, foi preparada a solução alcalina, pela dissolução do hidróxido de potássio em água da rede nas proporções determinadas. Foram feitas 3 amostras para cada proporção de peróxido de hidrogênio estudado:0,00, 0,36; 0,60; 1,20; 2,40 e 3,63% em peso de peróxido para o geopolímero preparado. Os materiais em pó foram adicionados aos poucos e misturados com o auxílio de uma batedeira industrial. Utilizou-se moldes prismáticos. As amostras foram levadas para seus tratamentos térmicos, sendo esses de 24 horas em uma temperatura de 90°C.
Caracterizações:
Resistência mecânica: Os testes de flexão de três pontos foram realizados em uma máquina universal de ensaios, modelo AG-1 10kN, da marca Shimadzu.
Absorção de umidade: pedaços dos corpos de prova foram pesados logo após a fratura, obtendo-se assim sua massa seca (ms). Os pedaços foram imersos em água por um período de 24h. Após o período de imersão, as amostras foram novamente pesadas, obtendo-se sua massa úmida (mu). A absorção de umidade de cada corpo de prova foi determinada pela variação de massa (mu-ms) em relação à sua massa seca.
Densidade geométrica:A massa foi medida por uma balança semi-analítica Shimadzu BL-3200H e as dimensões foram aferidas com o auxílio de um paquímetro digital.

Resultados e Discussão

Por meio do ensaio de Flexão foi possível analisar a resistência a flexão das composições estudadas. Com o aumento do número de poros proporcionado pelo agente espumante, peroxido de hidrogênio, é esperado que a resistência mecânica seja menor. Porém observando os dados de resistência à flexão na Tabela1, esse fato não é observado.

Tabela 1 – Resistência a Flexão

Composição (% H_2O_2)	Resistência Mecânica (N/mm²)
0	6,46

15	4,02
25	6,78
50	7,17
100	5,98

É esperado também que a absorção de água seja maior com a maior adição de agente espumante, pois liberando mais gás e gerando a porosidade aberta, a qual é responsável pela absorção de água, porém pelos dados do ensaio de absorção de água expostos na Tabela 2, vê-se que a absorção de água não aumenta em todos os casos com o aumento da porcentagem de peróxido de hidrogênio.

Tabela 2 – Absorção de água

Composição (% H_2O_2)	Absorção de água (%)
0	12,88
15	17,27
25	16,85
50	15,14
100	12,46

A densidade geométrica é uma medida qualitativa da quantidade de poros presentes nos corpos de prova. Dessa forma deduz-se que a mesma será menor em um corpo de prova com mais porosidade, pois terá um volume de vazios maior. Espera-se que com a adição de agentes espumantes a densidade se reduza pela formação de poros. Por meio da Tabela 3, observa-se os dados de densidade geométrica dos corpos de prova.

Tabela 3 – Densidade Geométrica

Composição (% H_2O_2)	Densidade Geométrica (g/cm^3)
0	1,15
15	1,09
25	1,21
50	1,25
100	1,32

Analisando os dados, pode-se observar que a adição de peroxido de hidrogênio em proporções maiores que 15% não foram efetivas para o objetivo de reduzir a densidade do corpo do prova.

Masi et al. estudaram a adição de peróxido de hidrogênio em geopolímeros a base de cinzas volantes e observaram que o aumento da concentração do agente espumante resultou em diminuição da densidade do geopolímero. Neste estudo, os autores utilizaram concentrações de 0,1 a 0,4% em peso de H2O2 na massa geopolimérica. A matriz de geopolímero sem agente espumante obteve densidade de 1,72 g/cm^3. Os valores de densidade diminuíram para 1,12 g/cm^3, 1,04 g/cm^3 e 0,91 g/cm^3 para as frações de 0,1, 0,2 e 0,3% em peso de H2O2, respectivamente. Quando a concentração de peróxido foi aumentada para 0,4% em peso, boa parte dos poros colapsaram o que resultou em aumento de densidade para 1,4 g/cm^3. Amostras com 0,1% de peróxido obtiveram distribuição homogênea de poros com

tamanho até 200 µm em diâmetro. A adição de mais peróxido levou a aumento de poros na faixa de 8 a 10 mm, ainda bem distribuídos (8).
Com isso percebe-se que adições de peróxido de hidrogênio maiores que 15% geram poros que colapsão gerando esse aumento da densidade do material. Dessa forma, geopolímeros dessa composição que almejam reduzir a sua densidade por meio do peróxido de hidrogênio, devem ser confeccionados com uma porcentagem em massa de peróxido de hidrogênio menores ou igual a 15%.

Conclusões

A adição do agente espumante peróxido de hidrogênio na presente composição geopolimérica deve ser realizada em porcentagens menores que 15% para que não ocorra o colapso dos poros e uma má distribuição dos mesmos que acarretarão em uma maior densidade do corpo de prova, a menor densidade foi encontrada com a composição 15% peróxido de hidrogênio que foi de 1,09 g/mm³.

Agradecimentos
Agradeço ao professor Sidnei Antonio Pianaro, a Universidade Estadual de Ponta Grossa, a empresa Smart sistemas construtivos e a fundação Araucária.

Referências
1 BROOKS, J. J.; NEVILLE, A. M. **Tecnologia do Concreto.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 448 p.
2 AGRUPACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO DE ESPAÑA. Site oficial. Disponível em: <www.oficemen.com>. Acesso em: 13 de maio de 2018.
3 SHI, C.; JIMÉNEZ, F.; PALOMO, A. New cements for the 21st century: The pursuit of an alternative to Portland cement. **Cement and Concrete Research**, v. 41, p. 750-763. 2011.
4 TOPÇU, I. B.; TOPRAK, M. U.; TAYFUN, U. Durability and microstructure characteristics of alkali activated coal bottom ash geopolymer cement. **Journal of Cleaner Production**, v. 81, p. 211-217. 2014
5 DAVIDOVITS, J. Geopolymers: Inorganic polymeric new materials. **Journal of Thermal Analysis**, v. 37, p. 1633-1656, Out. 1991.
6 ZHANG, Z. et al. Geopolymer foam concrete: An emerging material for sustainable construction. **Construction and Building Materials**, v. 56, p. 113-127, Fev. 2014.
7 HAJIMOHAMMADI, A. et al. Pore characteristics in one-part mix geopolymers foamed by H_2O_2: The impact of mix design. **Materials & Design**, v. 130, p. 381-391, Maio. 2017.
8 MASI, G. et al. A comparison between different foaming methods for the synthesis of light weight geopolymers. **Ceramics International**, v. 40, p. 13891-13902. 2014.
9 DAVIDOVITS, J. **Geopolymer Chemistry and Applications**. 2. ed. Saint-Quentin: Geopolymer Institute, 2008. 632 p.
10 DAVIDOVITS, J. **30 years of successes and failures in geopolymer applications. Market trends and potential breakthroughs**. In: GEOPOLYMER 2002 CONFERENCE, 2002, Melbourne. p. 1-16.
11 LIMA JUNIOR, L. C. M. de. **O uso do vidro reciclado como precursor de sistemas cimentantes geopoliméricos.** 2016, 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais) – UEPG, Ponta Grossa, 2016.