



## UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA DETERMINAÇÃO DA POZOLANICIDADE DE CINZAS PROVENIENTES DO RESÍDUO DE MILHO

Gustavo de Albuquerque Soares<sup>\*1</sup>(IC), Mateus Ferreira de Oliveira<sup>2</sup>(PG), Vitória Kethelen Monteiro Rodrigues<sup>1</sup>(IC), Jéssica Raíssa Melo Guimarães<sup>2</sup>(PQ)

\* gas.eng17@uea.edu.br

<sup>1</sup>Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Escola Superior de Tecnologia – EST, Avenida Darcy Vargas, 1200, Parque 10, CEP: 69050-020, Manaus/AM, Brasil.

<sup>2</sup>Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais do Instituto Federal do Amazonas – IFAM/CMDI, Avenida Governador Danilo de Matos Areosa, Distrito Industrial, CEP: 69075-351, Manaus/AM).

*Palavras Chave:* Pozzolana, Cinzas.

### Introdução

O crescimento da construção civil tanto no Brasil quanto nos demais países, faz com que as indústrias cimentícias produzam cada vez mais o cimento Portland e a fabricação deste material ocasionam impactos negativos. Segundo Cordeiro (2006) cerca de 0,85 toneladas de CO<sub>2</sub> são lançados na atmosfera a cada uma tonelada de clínquer de cimento produzido, além de que esta queima também requer um alto consumo energético.

Este fator impulsiona pesquisas no âmbito da procura de materiais que possam servir como substitutos parciais do cimento e que mantenham e/ou melhorem as características do produto final. Uma das alternativas que vem demonstrando grande eficácia e que chegam a melhorar as propriedades e durabilidade de matrizes à base de cimento Portland é a adição pozolânica, que promove a redução da quantidade de cimento utilizada na produção do concreto, devido a pozolana substituir parcialmente o cimento em massa.

Desta forma, percebe-se a importância da preocupação com estes resíduos agroindustriais e a possibilidade de sua incorporação à construção civil e com base nos dados apresentados, o presente estudo será focado no uso do resíduo da cinza da espiga de milho como material pozolânico, onde será avaliado se o material possui características pozolânicas.

### Material e Métodos

As espigas de milho foram coletadas no mercado de Manaus e passaram por um processo de tratamento constituído por limpeza e secagem ao sol (com o intuito da retirada da umidade superficial do material) e em estufa (a  $105 \pm 5$  °C, para retirar a umidade interna remanescente) para melhores resultados de moagem. O procedimento de moagem se iniciou em um triturador de

galhos e, posteriormente, em moinho de facas com malha granulométrica, obtendo uma granulometria satisfatória das espigas para que se tivesse um processo de queima mais eficaz.

Os resíduos de milho moído foram queimados em um forno mufla com controlador Gerfran 400 nas temperaturas de 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C e 800 °C. Inicialmente foi determinada a quantidade de material a ser queimada com um ensaio de massa unitária aparente utilizando uma relação entre um parâmetro de 0,036 visto no trabalho de Morales et al. (2007) e o volume da mufla utilizada, através deste processo foi determinado que a quantidade de material a ser colocada na mufla para obtenção de cinza. O procedimento de queima seguiu os parâmetros do trabalho de Cordeiro (2009), o qual estudou a influência da temperatura de calcinação para produção de pozolana através da cinza do bagaço da cana de açúcar, de acordo com seu trabalho a temperatura deve variar em uma taxa de 10 °C/min até chegar em 350 °C, onde permanece nesta temperatura por 3h, em seguida, esta deve ser elevada até o valor desejado, variando de 400 °C a 800 °C, e permanecendo por mais 3h.

Após a obtenção das cinzas, estas precisaram passar por processo de moagem para homogeneização, uma vez que as cinzas obtidas variam de acordo com o aumento da temperatura, fato este constatado no trabalho de Barroso (2011) e confirmado durante a obtenção das cinzas deste trabalho. A redução das cinzas foi feita através de maceração das cinzas com almofariz e pistilo e peneirando estas em um conjunto de peneiras formado por malhas de 0,15 mm, 0,125 mm e 0,0625 mm sendo utilizado o material retido na peneira de malha 0,0625 mm.

Foi possível perceber que coloração das cinzas clareava à medida que a temperatura aumenta. Este fato é explicado pela presença de carbono. Quanto mais escura a coloração das cinzas, indica maior teor de

carbono, da mesma forma que quanto menor sua presença, mais clara é a coloração da amostra.

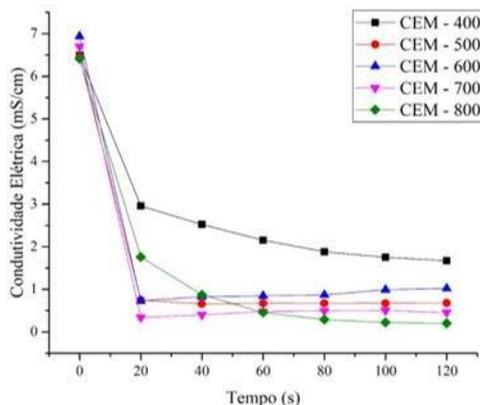
Para medição da condutividade elétrica seguiu-se o método proposto por Lúxan et al. (1989), sendo utilizada uma solução com 70 g de água destilada e 98,7 mg de hidróxido de cálcio  $[Ca(OH)_2]$  a temperatura de  $40 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ao estabilizar a solução nesta faixa de temperatura, incluiu-se 1,75 g da cinza a ser ensaiada. A condutividade elétrica foi então observada através do equipamento Multiparâmetros Labquest 2. As leituras foram feitas sucessivamente durante 20 min. Segundo Luxán et al. (1989), o material pode receber três classificações, sendo elas:

- Não pozolânico, quando a variação da condutividade é inferior a 0,4 mS/cm;
- Pozolanicidade moderada, quando a variação da condutividade é superior a 0,4 mS/cm e inferior a 1,2 mS/cm;
- Boa pozolanicidade, quando a variação da condutividade é superior a 1,2 mS/cm.

Para poder determinar a reatividade da sílica presente na cinza, foi necessário fazer um ensaio denominado branco, o procedimento é o mesmo, entretanto não leva hidróxido de cálcio, apenas a cinza, com isso, é possível determinar a condutividade dos outros materiais presentes na cinza, que afetam a leitura do ensaio com hidróxido de cálcio. Isto acontece devido a cinza ter condutividade inicial.

## Resultados e Discussão

Após o término das duas leituras de cada análise, fez-se a construção da Figura 1, determinando a real variação da condutividade elétrica.



**Figura 1.** Variação da condutividade elétrica aos 2 minutos.

Segundo a classificação de Lúxan et al. (1989), o material ensaiado é considerado pozolânico, quando este assume uma variação de condutividade superior a 1,2 mS/cm durante os 2 primeiros minutos de ensaio. De acordo com a Figura 1, todas as cinzas produzidas resultaram em materiais de alta pozolanicidade, sendo o de maior valor, a cinza de 700 °C com um valor de variação de pozolanicidade de 6,24 mS/cm. As cinzas produzidas para as temperaturas de 400 °C, 500 °C, 600 °C e 800 °C ainda apresentaram valores de variação de condutividade elétrica de 4,822 mS/cm; 5,779 mS/cm; 5,917 mS/cm e 6,211 mS/cm, respectivamente.

## Conclusões

Apesar do resultado satisfatório, obtendo-se cinzas de boa pozolanicidade, indicando a possibilidade da utilização dessas cinzas em pastas de cimento, são necessários outros ensaios, como a difração de raios X para a verificação da composição química e estrutura da cinza, se era amorfa ou cristalina, e fluorescência de raios X para verificação dos elementos químicos que demonstraram condutividade elétrica para uma caracterização mais complexa.

## Agradecimentos

Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas pelo apoio financeiro em forma de bolsa, disponibilizada para o autor Mateus Ferreira de Oliveira.

<sup>1</sup>CORDEIRO, G. C. Utilização de Cinzas Ultrafinas do Bagaço de Cana-de-açúcar e da Casca de Arroz como Aditivos Minerais em Concreto. Tese de Doutorado, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

<sup>2</sup>MORALES, E.V.; VILLAR-COCIÑA, E.; FRÍAS, M.; SANTOS, S.F.; SAVASTANO JR, H. Actividad pozolánica y aspectos microestructurales de las cenizas de bagazo y paja de caña de azúcar a través de la microscopia electrónica de transmisión. In: Conferência Brasileira sobre materiais e tecnologias não convencionais na construção ecológica e sustentável. BRASIL NOCMAT 2007, Maceió, Anais... Maceió: NOCMAT, 2007.

<sup>3</sup>CORDEIRO, G. C.; FILHO, R. D. F.; FAIRBAIRN, E. M. R. Effect of calcination temperature on the pozzolanic activity of sugar cane bagasse ash. *Construction and Building Materials*, v. 23, p. 3301-3303, jul. 2009.

<sup>4</sup>BARROSO, T.R. Estudo da atividade pozolânica e da aplicação em concreto de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar com diferentes características físicas e químicas. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2011.

<sup>5</sup>LUXÁN, M.P., MADRUGA, F.; SAAVEDRA, J., Rapid evaluation of pozzolanic activity of natural products by conductivity measurement. *Cement and Concrete Research*, v.19, p. 63-68, 1989.