

ESTUDO DAS CONDIÇÕES IDEAIS DE QUEIMA DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR COM VISTAS AO EMPREGO COMO POZOLANA

Lopes E.S.¹, Cordeiro G.C.²

¹UENF/Laboratório de Materiais Avançados, ericadasilvalopes@hotmail.com

²UENF/Laboratório de Engenharia Civil, gcc@uenf.br

Resumo - O presente trabalho tem por objetivo investigar as condições ideais de queima da palha de cana-de-açúcar para produção de cinza pozolânica visando sua utilização em materiais cimentícios. A relevância do tema decorre da gradativa proibição da prática das “queimadas” nos canaviais que poderá gerar nos próximos anos grandes montantes de palha de cana. A transformação de subprodutos em matéria-prima para indústria do concreto proporciona redução de custos, melhora das propriedades do material e, sobretudo, contribui para a redução de impactos ambientais, como a intensificação do efeito estufa e a disposição inadequada de resíduos no meio ambiente. Neste trabalho são apresentados resultados de caracterização da palha de cana-de-açúcar in natura e de cinzas produzidas sob diferentes temperaturas de queima (400-900 °C). Foram realizados ensaios de composição química, granulometria, perda ao fogo, difração de raios X e atividade pozolânica por termogravimetria. Os resultados indicam a viabilidade de produção de pozolanas de elevada reatividade a partir dos resíduos de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: cinza da palha de cana-de-açúcar, pozolana, materiais cimentícios.

Área do Conhecimento: Engenharias.

Introdução

O Brasil é o principal produtor mundial de cana-de-açúcar, com produção de cerca de 690 milhões de toneladas em 2009, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). No Brasil, a cana-de-açúcar é utilizada principalmente na produção de açúcar e álcool combustível. Depois do corte nas lavouras, a cana é transportada até as usinas, onde é lavada e moída para extração do caldo (suco). Durante a coleta e o processamento da cana inúmeros resíduos e subprodutos são gerados.

Dentre os diferentes subprodutos da cana-de-açúcar, merece destaque a crescente geração de palha nos canaviais, principalmente nas proximidades de centros urbanos. Este fato está associado à redução gradativa da prática da “queimada”, que consiste na queima dos

canaviais antes da colheita da cana. Com isso, o corte manual da cana tem sido substituído por colheitas mecanizadas, principalmente na Região Sudeste do país, que é responsável por cerca de 65% de toda produção nacional (IBGE, 2010). O principal objetivo da eliminação das queimadas nos canaviais é evitar a emissão imediata de CO₂ e de outros gases para atmosfera, além de particulados que causam impactos na saúde e no conforto humano (BRAUNBECK e CORTEZ, 2000). Além disso, a palha de cana, que poderia ter valor econômico, é perdida durante a queima.

O presente trabalho tem por objetivo investigar as condições ideais de queima da palha de cana-de-açúcar com vistas à produção de pozolanas. Foram realizados ensaios de composição química, granulometria, perda ao fogo, difração de raios X e atividade pozolânica por termogravimetria.

Metodologia

A coleta da palha de cana-de-açúcar foi realizada no campus Dr. Leonel Miranda da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em Campos dos Goytacazes-RJ. Após coleta, a palha foi submetida ao corte manual em 20 cm e, em seguida, à secagem em estufa a 80 °C por 48 horas. A palha seca foi cominuída em moinho de facas Thomas Scientific com tela de classificação de 2 mm. A Figura 1 apresenta a palha seca e moída



Figura 1. Palha da cana-de-açúcar.

Após a preparação da palha, queimas foram conduzidas em forno resistivo (mufla) sem circulação forçada de ar. As condições de queima adotadas foram: queima com dois patamares de acordo com Cordeiro *et al.* (2009); temperatura de 350 °C no primeiro patamar; temperatura entre 400 e 900 °C no segundo patamar, com variação de 100 °C; taxa de aquecimento de 10 °C/min; e tempo de residência em cada patamar de 3 h. A relação entre os volumes de amostra e da câmara interna do forno foi mantida constante em 0,036 para todas as queimas.

Após a queima, todas as cinzas da palha foram moídas a seco em moinho planetário Pulverisette 5 (Fritsch) também por 2 min. A distribuição de tamanho das cinzas foi obtida via analisador de partículas a laser Mastersizer 2000, Malvern Instruments. A perda ao fogo

foi determinada de acordo com os procedimentos prescritos na norma brasileira NBR 5743 (1989). A análise de difração de raios X, pelo método do pó, foi realizada em difratômetro D8 Focus da Bruker, com tubo de Cu-K α (30 kV/40 mA), com coleta entre 5° e 50° (2 θ), velocidade do goniômetro de 0,05°/passo e tempo de contagem de 2 s por passo. A composição química foi determinada por fluorescência de raios X (espectrômetro Phillips PW 2400) com tubo de 3 kW e alvo de ródio.

A atividade pozolânica de uma cinza selecionada da palha de cana foi investigada por ensaios termogravimétricos em equipamento SDT Q600 da TA Instruments. Foram empregadas as seguintes condições experimentais: taxa de aquecimento de 10 °C/min da temperatura ambiente até 1000 °C, em atmosfera de nitrogênio e fluxo de gás de 100 mL/min. Foram preparadas três pastas com relação água-material cimentício igual a 0,40: pasta de referência (cimento Portland e água); pasta com 10% de substituição (em massa) de cimento por cinza da palha, em relação à mistura de referência; e pasta com 20% de cinza da palha. Os ensaios foram realizados após 7 dias de cura em água destilada e deaerada.

Resultados

As moagens em moinho planetário foram realizadas no intuito de equiparar a granulometria das cinzas produzidas sob diferentes temperaturas. A Figura 2 apresenta as curvas granulométricas da cinza da palha produzida a 700°C e do cimento Portland utilizado nos ensaios de atividade pozolânica, onde é possível observar a similaridade entre a granulometria dos dois materiais. Não foram observadas diferenças expressivas entre as granulometrias das diferentes cinzas da palha, que apresentaram tamanho médio de partículas em torno de 15 μ m.

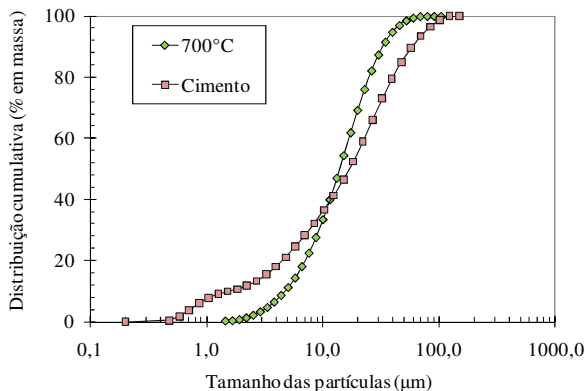


Figura 2. Curvas granulométricas da cinza da palha de cana-de-açúcar produzida a 700 °C e do cimento Portland.

Os resultados ilustrados na Figura 3 mostraram que a partir de 700 °C os valores de perda ao fogo são adequados à produção de pozolanas de acordo com Malhotra e Mehta (1996) e a norma Brasileira NBR 12653 (1992), que estabelecem um valor máximo de perda ao fogo de 6%. A cinza da palha produzida a 700 °C apresenta perda ao fogo de 4,54%. Cabe ressaltar que os valores de perda ao fogo indicam, neste caso, o teor de carbono residual na amostra. A Tabela 1 apresenta a composição química da cinza da palha produzida a 700 °C, com destaque para os teores de SiO₂ e K₂O. O elevado teor de SiO₂ é um indicativo da possibilidade de produção de pozolana com a cinza da palha.

Tabela 1. Composição química da cinza da palha produzida com queima a 700 °C.

Óxido	Teor (%)
SiO ₂	40,8
Fe ₂ O ₃	0,1
CaO	4,9
K ₂ O	27,3
MnO	0,2
SO ₃	7,2
MgO	3,3
Cl	5,8
P ₂ O ₅	6,2
Perda ao fogo	4,54

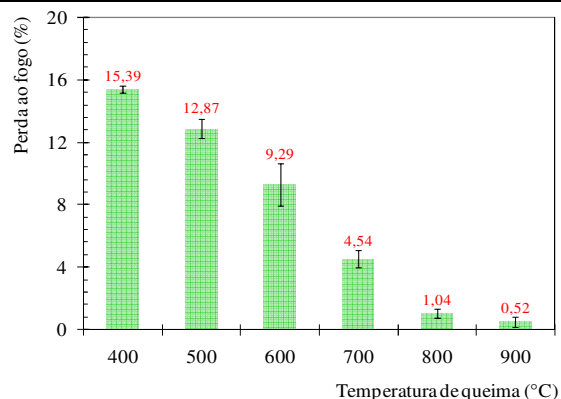


Figura 3. Valores de perda ao fogo das cinzas da palha de cana-de-açúcar.

Pela análise de difração de raios X, ilustrada na Figura 4, foram notadas as variações das fases cristalinas da palha com a mudança das condições de queima. Nas temperaturas mais baixas, até 600 °C, a cristalinidade das cinzas é função das contaminações do material por íons alcalinos. A partir de 600 °C a intensidade da cristobalita ($2\theta = 22,36$; $D = 4,050$ Å), indesejável por não ser reativa, aumenta com a temperatura. Em função das características estudadas e discutidas, foi feita a escolha de temperatura de queima ideal de 700 °C para a produção de pozolana.

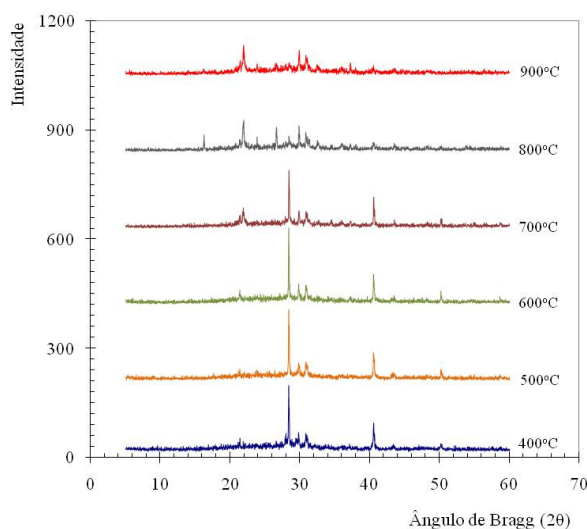


Figura 4. Difratomogramas de raios X das cinzas da palha de cana-de-açúcar.

No que concerne à atividade pozolânica, a Figura 5 apresenta os resultados de termogravimetria. É possível observar que houve uma redução da perda de massa associada ao hidróxido de cálcio, que foi maior do que a proporção substituída de cimento por palha. Esse resultado indica o consumo de hidróxido de cálcio pela cinza da palha e, conseqüentemente, maior produção de silicato de cálcio hidratado (CORDEIRO *et al.*, 2009), principal responsável pela resistência mecânica e durabilidade de produtos confeccionados com cimento. Resultados similares foram observados para a cinza do bagaço de cana (SINGH *et al.*, 2000; CORDEIRO *et al.*, 2009), que apresenta composição química similar à da cinza da palha de cana.

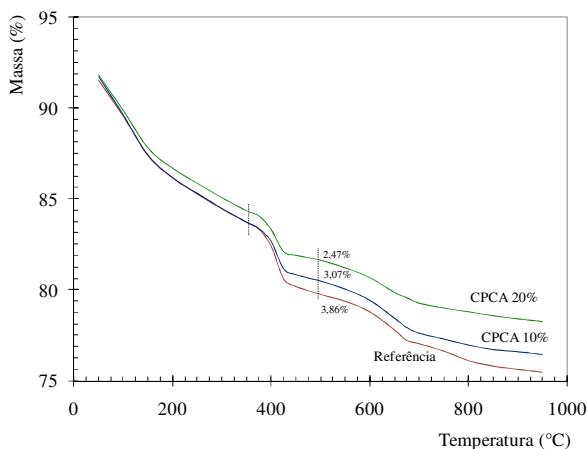


Figura 5. Análises termogravimétricas das pastas produzidas com a cinza (CPCA).

Conclusão

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, as seguintes conclusões podem ser obtidas:

- a cinza da palha apresenta reduzido teor de carbono, para as condições de queima adotadas;
- a sílica encontra-se parcialmente cristalina;

- a cinza da palha apresenta percentual elevado de impurezas (~ 50%);
- a cinza da palha apresenta atividade pozolânica e, portanto, pode ser um promissor material para emprego em conjunto com cimento Portland.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12653: Materiais pozolânicos. Rio de Janeiro, 1992.

_____. NBR 5743: Cimento Portland – Determinação da perda ao fogo. Rio de Janeiro, 1989.

_____. NBR 12653: Materiais pozolânicos. Rio de Janeiro, 1992.

BRAUNBECK, O.A., CORTEZ, L.A.B. *O cultivo da cana-de-açúcar e o uso dos resíduos*. In: ROSILLO-CALLE et al. (Ed.). *Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira*, Campinas: Editora Unicamp. 215-246, 2000.

CORDEIRO, G.C., TOLEDO FILHO, R.D., FAIRBAIRN, E.M.R. *Effect of calcination temperature on the pozzolanic activity of sugar cane bagasse ash*. **Construction & Building Materials**. 23:3301-3303, 2009.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola. On-line. Disponível URL: <http://www.ibge.net/home/estatistica>, Consultado em 12 de abril de 2010.

MALHOTRA, V.M., MEHTA, P.K. **Pozzolanic and cementitious materials**. 1 ed. Amsterdam, Gordon and Breach Publishers, 191 f. 1996.

SINGH, N.B., SINGH, V.D., RAI, S. *Hydration of bagasse ash-blended Portland cement*. **Cement and Concrete Research**. 30:1485-1488, 2000.