

USO DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM CIMENTO PORTLAND COMO MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

Mariana F. REZENDE¹; Augusto C. S. BEZERRA²; Antônio M C GOUVEIA³

RESUMO

O processo de crescimento industrial gera aumento do consumo de matérias primas e de resíduos, quase sempre sem aproveitamento. Em setores, como o agroindustrial, onde as taxas de crescimento são elevadas, há expressiva geração de resíduos. Uma parte desses resíduos, especialmente de cana-de-açúcar, contribui para o crescente aumento da quantidade de resíduos gerados no processo, em grande parte das vezes sem utilização racional, contribuindo para aumentar os elevados níveis de poluição ambiental. No entanto, muitas alternativas vêm sendo pesquisadas para a redução da poluição causada ao meio ambiente por esses resíduos por meio da criação de processos de reciclagem e reaproveitamento, no intuito de gerar renda e emprego aos setores envolvidos. Neste sentido, o presente trabalho avaliou a utilização das cinzas do bagaço da cana-de-açúcar (CBCA) geradas em caldeira de termoelétricas em substituição parcial do clínquer na produção do cimento estimando a redução de emissão de dióxido de carbono em decorrência da incorporação da CBCA aos compósitos por meio de cálculo de redução de emissões de CO₂ produzidos com aproveitamento de CBCA nos teores de 0, 10, 20 e 30% de substituição do cimento Portland. Os resultados encontrados foram satisfatórios em decorrência da incorporação da CBCA ao cimento.

O método utilizado para avaliação da utilização da CBCA em substituição parcial do cimento Portland nos compósitos cimentícios como MDL indicou a viabilidade do uso.

INTRODUÇÃO

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Pouso Alegre. Pouso Alegre/MG, email: mariana.rezende@ifsuldeminas.edu.br;

² Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Câmpus Belo Horizonte. Belo Horizonte/MG, email: augustobezerra@des.cefetmg.br;

³ Universidade Federal de Ouro Preto - Câmpus Ouro Preto. Ouro Preto/MG, email: claretgouveia@uol.com.br.

As adições minerais são materiais silicosos finamente divididos, com propriedades pozolânicas, cimentícias ou de preenchimento de poros (fíler), normalmente adicionados ao concreto em quantidades relativamente grandes, que variam de 20 a 70% por massa do material cimentício total (MEHTA, 2008). Segundo Cordeiro (2008), as adições minerais alteram os efeitos físicos e químicos do concreto quando substituem uma parte do cimento. O efeito físico (ou efeito filer) está relacionado ao tamanho, forma e textura das partículas, onde os finos preenchem os vazios existentes entre partículas maiores, reduzindo a porosidade do material. O efeito químico acontece quando as adições minerais possuem reatividade em meio aquoso com o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), formando compostos estáveis de poder aglomerante tais como os aluminatos e silicatos de cálcio hidratado (C-S-H) (MASSAZZA, 2003). Além disso, para que haja a reação pozolânica, tanto a sílica quanto a alumina não podem ter elevado grau de cristalinidade (PAYÁ, 2001).

Segundo Payá e colaboradores (2002), a cinza do bagaço de cana-de-açúcar é um importante material para a confecção de argamassas e concretos devido à alta quantidade de silício (Si) e de óxido de alumínio (Al_2O_3). A cinza que contém dióxido de silício (SiO_2) com estrutura amorfa, dependendo das condições de queima e de sua granulometria, apresentam características químicas e físicas que podem desenvolver atividade pozolânica (CORDEIRO, 2009). O carbono não participa das reações de hidratação da pasta de cimento. Quando em excesso na composição da cinza, o carbono confere cor escura à cinza, compromete o comportamento mecânico do concreto e interfere no consumo de água de amassamento (CHUSILP, 2009).

Estudos recentes indicam que cinzas de bagaço de cana-de-açúcar com alto teor de sílica reativa (ou seja, com estrutura vítrea), alto grau de pureza (reduzido teor de carbono), maior superfície específica e na forma lamelar, seriam ideais para a produção de concretos duráveis, de forma similar às cinzas volantes e cinzas provenientes da queima da casca de arroz (NEHDI, 2009).

Neste contexto, este trabalho se propõe a avaliar as propriedades físicas e químicas de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar produzidas na mesorregião do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto está dividido em varias etapas, desde a investigação inicial até os resultados práticos obtidos por meio dos ensaios de laboratório:

Etapa 1 – Pesquisa bibliográfica.

Etapa 2 – Seleção e Caracterização dos Materiais.

Etapa 3 – Dosagem de concreto.

Etapa 4 - Estudos em laboratório para avaliação das propriedades do concreto.

Etapa 5- Análise das emissões de CO₂ dos concretos produzidos.

O presente trabalho estudou o uso da CBCA em substituição parcial ao cimento portland na produção de compósitos cimentícios. Para isso foi coletada CBCA na empresa Bem Brasil Alimentos SA situada na mesorregião do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro. Com a CBCA em laboratório, foi realizada a secagem em estufa na temperatura de 60°C +/- 5°C até a constância de massa. A CBCA passou por processamento de moagem (M) e foi caracterizada por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectrometria de difração de raios-X (DRX), espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX), granulometria a laser (GL) e determinação da massa específica. Foram desenvolvidos compósitos cimentícios com substituição parcial de 10, 20 e 30% do cimento Portland pela CBCA moída (CBCA M). O aglomerante utilizado na pesquisa foi um cimento Portland de alta resistência inicial. As proporções de materiais utilizadas para a confecção dos compósitos são apresentadas na tabela 1. Foram moldados 6 corpos-de-prova cilíndricos de 50mm de diâmetro por 100mm de altura para o ensaio de compressão nas idades de 3, 7, 28 e 91 dias.

Tabela 1 - Proporções de materiais utilizadas

Compósito cimentício	% de substituição	Consumo de materiais [g]						Água
		Cimento	Cinza	Agregado miúdo (Areia normal)				
				Fração				
				Grossa	média grossa	média fina	fina	
CC Referência	0	624,0	0,0	468,0	468,0	468,0	468,0	300,0
CC CBCA M 10%	10	561,6	39,7	468,0	468,0	468,0	468,0	300,0
CC CBCA M 20%	20	499,2	79,4	468,0	468,0	468,0	468,0	300,0
CC CBCA M 30%	30	436,8	119,2	468,0	468,0	468,0	468,0	300,0

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Fig. 1 são apresentadas imagens da CBCA in natura realizada no MEV com magnitude de 50 (a), 500 (b) e 5.000 vezes. É possível observar na Fig. 1 (a) particulados heterogêneos, tanto em morfologia quanto em dimensões, com a presença de fibras longas delgadas e comparando com a escala de 2mm abaixo da imagem, percebe-se que estas fibras podem chegar ao comprimento de até 2mm. Na Fig. 1 (b) e (c) é possível observar, também, particulados heterogêneos com a presença de estruturas equidimensionais com forma próxima a de uma esfera e com certa porosidade aberta na superfície.

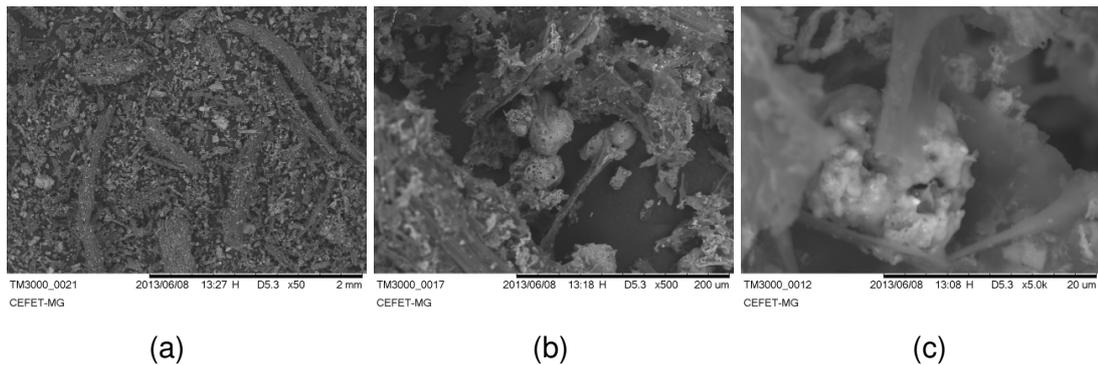


Figura 1 - Imagens da CBCA in natura

Na Fig. 2 são apresentadas imagens da CBCA M realizada no MEV com magnitude de 50 (a), 500 (b) e 5.000 vezes. É possível observar na Fig. 2 (a) que a CBCA ficou visualmente mais homogênea do ponto de vista de granulometria e morfologia. Na Fig. 2 (b) e (c) é possível observar partículas equidimensionais com a presença de arestas mais agudas e com certa heterogeneidade de morfologia e granulometria.

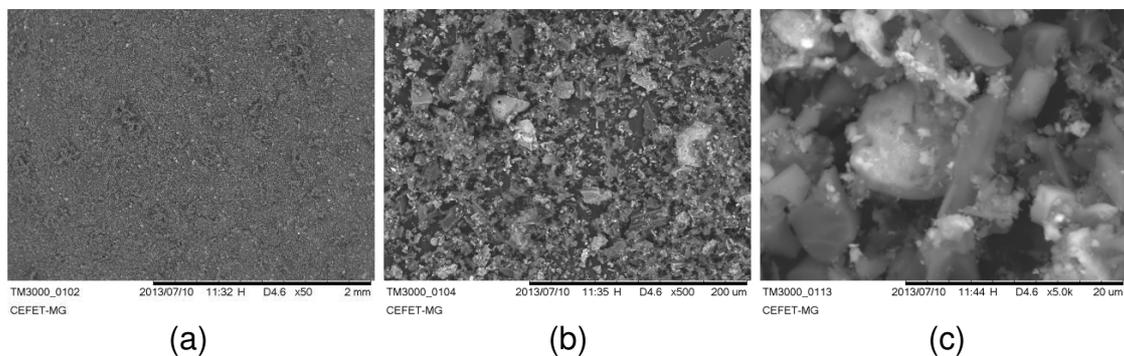


Figura 2: Imagens da CBCA M

Na fig. 3 é apresentado o difratograma da CBCA M com alguns picos de cristalinidade e foram detectadas fases cristalinas de dióxido de silício.

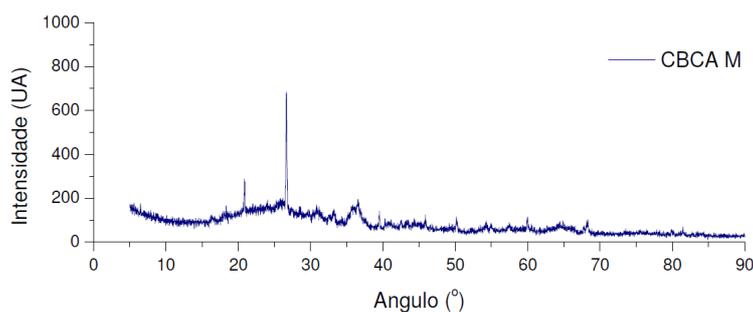


Figura 3: Difratomogramas de raios-X

Na Tabela 2 é apresentada a composição química em função dos principais óxidos pelo FRX da CBCA que apresentou como principal óxido o SiO_2 seguido do Al_2O_3 e do Fe_2O_3 . O somatório desses três óxidos, desprezando a perda ao fogo (LOI), é de 82,13%.

Tabela 2 - Composição química por FRX [%]

Material	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	P_2O_5	Na_2O	K_2O	MnO	LOI
CBCA	21,10	13,00	7,65	2,01	1,24	2,33	1,03	0,21	2,16	0,10	49,16

Na Tabela 3 são apresentados os diâmetros das partículas da CBCA M obtidos por granulometria a laser.

Tabela 3 - Granulometria a laser

Diâmetros [μm]			
Diâmetro a 10% (d10)	Diâmetro a 50% (d50)	Diâmetro a 90% (d90)	Diâmetro médio
2,12	9,58	32,29	13,53

Na Fig. 4 é possível observar a evolução das médias dos resultados de resistência à compressão dos compósitos com a idade. Analisando o gráfico apresentado verifica coerência dos resultados e o bom desempenho das adições.

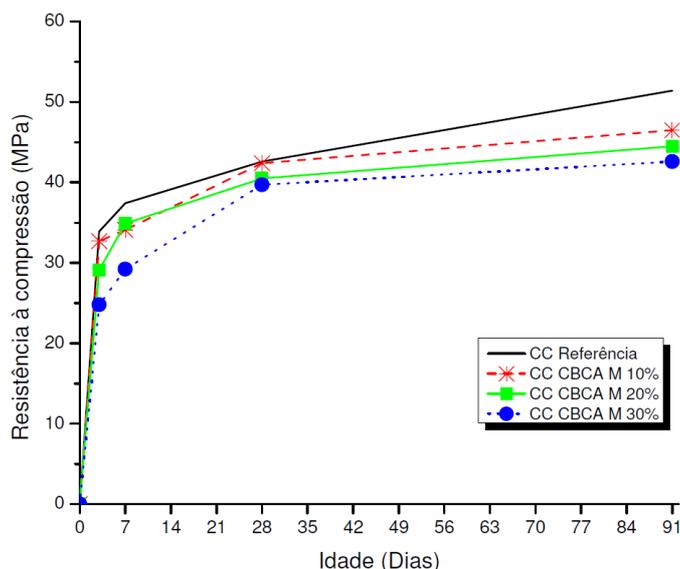


Figura 4: Evolução da resistência à compressão dos compósitos

CONCLUSÕES

Os resultados da presente pesquisa indicam que o beneficiamento da CBCA reduz a sua granulometria e torna-a mais homogênea. Os resultados de resistência à compressão alcançados pelos compósitos com CBCA foram coerentes e adequados. Já os resultados de resistência à tração na flexão indicam que a CBCA apresenta atividade cimentante ou pozzolânica, uma vez que essa propriedade é intimamente relacionada com a atração/ligação das partículas e os resultados foram superiores ao compósito de referência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2008.

CORDEIRO, G. C.; FILHO, R. D. T.; TAVARES, L. M.; FAIRBAIRN, E. M. R. **Pozzolanic activity and filler effect of sugar cane bagasse ash in Portland cement and lime mortars**. *Cement and Concrete Composites*, v.30, p. 410-418, 2008.

MASSAZZA, F. **Lea's chemistry of cement and concrete**, p. 471-635, Pozzolana and pozzolanic cements, 2003

PAYÁ, J.; MONZÓ, J.; BORRACHERO, M. V.; MELLADO, A.; ORDOÑEZ, L. M. **Determination of amorphous silica in rice husk ash by a rapid analytical method**. *Cement and Concrete Research*, v.31, p. 227-231, 2001.

PAYÁ, J.; MONZÓ, J.; BORRACHERO, M. V.; DÍAZ-PNZÓN, L.; ORDOÑEZ, L. M. **Sugar-cane bagasse ash (SCBA): studies in its properties for reusing in concrete production.** Journal of Chemical Technology and Biotechnology, Oxford, n.77, p. 321-325, 2002.

CORDEIRO, G. C.; FILHO, R. D. T.; 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, 2009.

CHUSILP, N.; JATURAPITAKKUL, C.; KIATTIKOMOL, K. **Effects of LOI of ground bagasse ash on the compressive strength and sulfate resistance of mortars.** Construction and Building Materials, v.23, p. 3523-3531, 2009.

NEHDI, M.; DUQUETTE, J.; EL DAMATTY, A. **Performance of rice husk ash produced using a new technology as a mineral admixture in concrete.** Cement and Concrete Research, v.33, p. 1203-1210, 2003.

LIMA, S. A.; SALES, A.; SANTOS, T. J. **Caracterização físico-química da cinza do bagaço da cana-de-açúcar visando o seu uso em argamassas e concretos como substituto do agregado miúdo.** Anais do 51º Congresso Brasileiro do Concreto. IBRACON, 2009.