

## **VIABILIDADE DO USO DA CINZA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM PARCIAL SUBSTITUIÇÃO DE CIMENTO PORTLAND**

DIONE LUIZA DA SILVA<sup>1\*</sup>; JULIANA MARIA MCCARTNEY DA FONSECA<sup>2\*</sup>; ROGÉRIO RODRIGUES SOUSA<sup>3</sup>; ANGÉLICA ARRUDA DE OLIVEIRA<sup>4</sup>; ELIANA CRISTINA MONTEIRO BARRETO<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Mestranda em Engenharia Civil, UPE, Recife-PE, dione\_luiza@hotmail.com

<sup>2</sup>Mestranda em Engenharia Civil, UPE, Recife-PE, mccartney.juliana@gmail.com

<sup>3</sup>Graduando em Engenharia Civil, UPE, Recife-PE, rogerio\_rodrigues51@hotmail.com

<sup>4</sup>Mestranda em Engenharia Civil, UPE, Recife-PE, angelica91eng@gmail.com

<sup>5</sup>Doutora em Engenharia Civil, UPE, Recife-PE, eliana@poli.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016  
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

**RESUMO:** O cultivo da cana-de-açúcar consiste na aposta de energia renovável que mais crescerá na matriz energética do Brasil. Algumas indústrias do setor canavieiro utilizam a queima do bagaço da cana-de-açúcar para cogeração de energia elétrica, esse processo dá origem a um novo resíduo: as cinzas. Estudos evidenciam a utilização da cinza como adição no concreto podendo melhorar a sua resistência mecânica. Diante disso, o trabalho objetiva estudar a resistência mecânica de concretos produzidos com cinzas em substituição parcial do Cimento Portland. Avaliou-se a resistência à compressão de corpos-de-prova de concreto com distintos percentuais de CBC com 0%, 3%, 10% e 15%, aos 7, 14 e 28 dias de cura. Os resultados mostraram que essa substituição não causou danos consideráveis à resistência mecânica do concreto, uma vez que representou uma queda de menos de 5% da resistência aos 28 dias de cura nos percentuais de substituição de 10 e 15% de cinza utilizada em relação ao concreto sem adição, cujo valor médio foi 23,6 Mpa aos 28 dias. A utilização desse resíduo refletirá na promoção da destinação sustentável no setor sucroalcooleiro, fomentando a inserção de novos materiais (ecologicamente corretos) na construção civil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cana-de-açúcar, resíduo, concreto.

## **FEASIBILITY OF THE USE OF GREY CANE SUGAR BAGASSE PARTIAL CEMENT**

**ABSTRACT:** The cultivation of sugarcane is the renewable energy bet that more will grow in the energy matrix of Brazil. Some industries in the sugarcane industry use the burning of bagasse from sugarcane to power cogeneration, this process gives rise to a new waste: the ashes. Studies show the use of ash as filler in concrete can improve its mechanical strength. Thus, the work aims to study the mechanical strength of concrete produced with ashes in partial replacement of Portland cement. We evaluated the compressive strength of concrete specimens test pieces with different percentages of BCC with 0%, 3%, 10% and 15% after 7, 14 and 28 days of curing. The results showed that this replacement did not cause considerable damage to the mechanical strength of the concrete, since it represented a reduction of less than 5% of the strength after 28 days cure at 10 replacement percentage and 15% ash used in relation to concrete without addition, the average value was 23.6 MPa at 28 days. The use of this waste will reflect in promoting sustainable destination in the sugar and alcohol sector, promoting the inclusion of new materials (environmentally friendly) in construction.

**KEY WORDS:** Sugarcane, waste, concrete.

## **INTRODUÇÃO**

A indústria do cimento além de utilizar como matérias-primas um grande insumo de recursos naturais não renováveis, como o calcário, emite grande quantidade de gases para atmosfera, uma vez

que a calcinação demanda de expressiva quantidade de energia para obtenção do clínquer em temperatura média de 1450°C.

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC, 2013), aproximadamente 5% das emissões de CO<sub>2</sub> provenientes de atividades antrópicas na terra advêm da produção de cimento, sendo o Brasil responsável por 1,4% desse valor.

Visando minimizar os impactos gerados pela produção do cimento Portland, buscam-se fontes alternativas de materiais que possam substituir ou reduzir o consumo desse material na construção civil.

Sabe-se que a Indústria da cana-de-açúcar tem como subproduto o bagaço que é utilizado como fonte alternativa para cogeração de energia por diversas usinas do setor. Do processo de incineração do bagaço de cana-de-açúcar para obtenção de energia origina a cinza (CBC). Estima-se que para cada tonelada de cana produzida resulta em 6,2 kg de CBC; e considerando a safra nacional estimada para 2015/2016, cujo montante refletem 658,7 milhões de toneladas, 3,8% em relação à safra anterior e que todo bagaço seria utilizado como fonte energética, seriam produzidas cerca de 4,08 toneladas de CBC (Conab, 2015).

Diversos estudos evidenciam o potencial da cinza do bagaço como adição mineral em concretos (Cordeiro, 2006; Paula, 2009; Macedo 2009; Snellings et al., 2010). A eficácia da CBC é atribuída principalmente à atividade pozolânica. A pozolana é definida pela ASTM 618-08<sup>a</sup> como um material silicoso ou silicoaluminoso que na presença de umidade reage com o hidróxido de cálcio (formado na hidratação do cimento) formando compostos estáveis como silicatos e aluminatos de cálcio, responsáveis pelo aumento de resistência da pasta endurecida.

Com isso, o presente trabalho investiga a viabilidade do uso da cinza do bagaço da cana-de-açúcar em substituição parcial do cimento Portland. Uma vez comprovada a viabilidade, essa técnica corrobora para redução dos impactos ambientais decorrentes da fabricação do cimento Portland e promove um descarte ecológico e sustentável designado à CBC.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A CBC foi coletada em tanques de decantação de uma Indústria zoneada na Região Metropolitana do Recife-PE, a coleta foi realizada na primeira safra do ano de 2015. Em seguida, as cinzas foram levadas para laboratório para secagem e caracterização segundo a orientação das normas de análise granulométrica - ABNT NBR 7181 (1984); e massa específica e teor de umidade - ABNT NBR 6508 (1984).

O cimento utilizado nessa pesquisa foi o cimento Portland CII-32-Z, escolhido em razão do reduzido teor de pozolana na composição (6% a 14%). Cimentos com altos teores de pozolana poderiam influenciar na avaliação da resistência final do concreto.

O agregado graúdo, de origem basáltica, de dimensão 19 mm, utilizado no concreto é proveniente da região de Recife-PE, cuja caracterização é definida ABNT NBR 7211 (2009), através do percentual retido nas peneiras padronizadas.

O agregado miúdo, de origem quartzosa, de dimensão 19 mm, utilizado no concreto é proveniente da Região Metropolitana do Recife-PE, cuja caracterização foi baseada na ABNT NBR 7211 (2009), que fixa os limites granulométricos do agregado miúdo por meio das zonas no qual se enquadra.

Para o amassamento do concreto acrescentou-se à mistura água potável, proveniente da rede de abastecimento de água da cidade do Recife-PE. Adotou-se uma relação água/cimento de 0,48. Uma pequena amostra da CBC para realização dos ensaios foi separada em três cápsulas distintas e levada para estufa a 100 °C em um período de 24h para a realização do ensaio de teor de umidade, como descrito na ABNT NBR 6508 (1984). Para a classificação granulométrica da CBC, seguiram-se as orientações da ABNT NBR 6502 (1995)

Para avaliar o efeito da substituição do cimento Portland por teores de CBC, na resistência, foram escolhidos 36 corpos de prova cilíndricos de 10 x 20 cm. Da quantidade de cimento dosada parte dela foi substituída por teores de 3%, 10% e 15% de CBC, respectivamente em massa foi substituída pela CBC. A dosagem do concreto seguiu os parâmetros descritos na ABNT NBR 12655 (1996) e obedeceu ao traço de 1:2:3:0,48. Conforme a ABNT NBR NM 67 (1998), foi executado o ensaio de abatimento de tronco de cone, para avaliar a resistência. A moldagem, o desmolde

(executado após um período de 24 horas) e o procedimento de cura adotada seguiram as orientações da ABNT NBR 5738 (2015).

As idades para a realização do ensaio de resistência à compressão obedeceram aos 7, 14 e 28 dias de cura do concreto, onde os corpos de provas foram submetidos à compressão na prensa classe 1 (conforme a ABNT NBR NM ISO 7500-1) calibrada na escala referente à empregabilidade no ensaio de ruptura prescrito pela ABNT NBR 5739 (2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No resultado do ensaio do teor de umidade da CBC cinza apresentou uma umidade bastante significativa, média de 45%, o que certamente alteraria a relação água/cimento taxada na dosagem do concreto se fosse desconsiderada. Quanto à classificação granulométrica a CBC, de acordo com a ABNT NBR 6502 (1995), se enquadra nas areias médias, ou seja, mais de 50% da cinza ficou retida na peneira 0,200 mm. Escolheu-se a granulometria passante na peneira com abertura de 0,297 mm.

Os traços estudados obtiveram resultados consistentes de abatimento, 8,5 cm. Esse resultado está coerente para o traço adotado (de 8 a 10 cm), conforme a ABNT NBR NM 67(1998).

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da resistência à compressão das séries estudadas, avaliadas aos 7, 14 e 28 dias de tempo de cura. E graficamente estes resultados estão ilustrados no Gráfico 1. De uma forma geral, verifica-se através do Gráfico 1 que aos 7 dias, 14 e 28 dias de cura, respectivamente série produzida com 3% de CBC obteve uma redução considerável na resistência à compressão em relação à série de referência, já as séries produzidas com 10% e 15% de CBC apresentaram um desempenho menor que a série de referência, porém, estatisticamente similar.

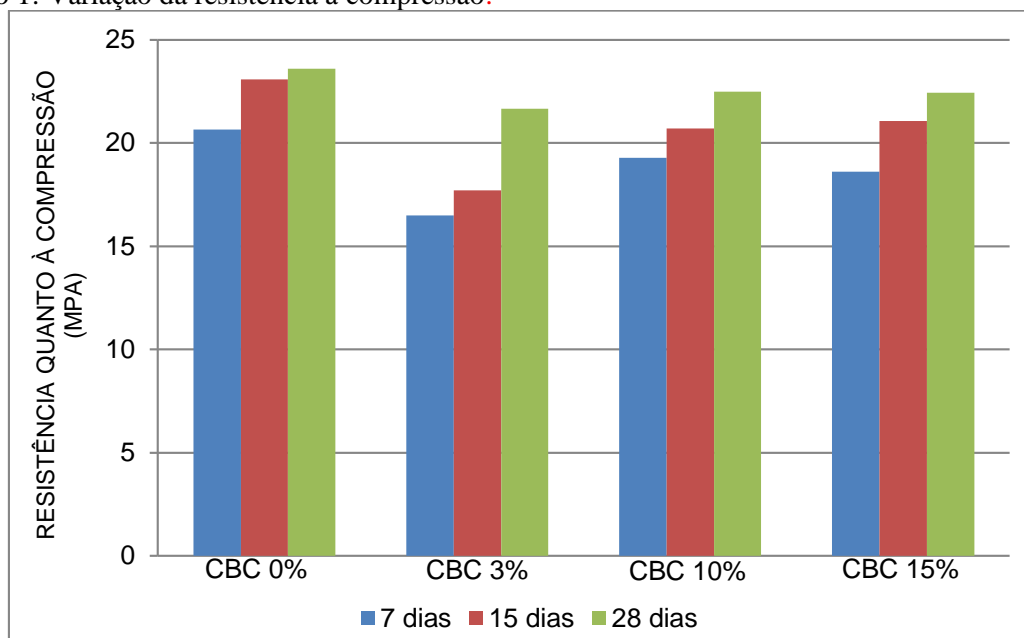
Os resultados encontrados evidenciam a possibilidade de substituir parcialmente (10 e 15 % de CBC) o cimento Portland por cinzas do bagaço da cana-de-açúcar, pois, como observado, não ocorre prejuízo à resistência à compressão do concreto devido à redução de resistência que não é tão significativa: menos de 5% de diminuição comparando-se à série produzida sem adição, cujo valor médio de resistência designou 23,6 MPa aos 28 dias de cura.

Tabela 1: Resistência à compressão

Série	CBC (%)	Resistência à compressão (Mpa)		
		7 dias	14 dias	28 dias
1	0	20,64	22,79	24,31
		20,95	22,86	22,97
		20,36	23,63	23,52
2	3	16,39	16,79	21,71
		17,04	17,98	21,39
		17,1	18,32	21,92
3	10	19,77	20,39	23,01
		18,75	21,11	22,01
		19,36	20,65	22,42
4	15	18,39	20,23	22,45
		18,23	21,56	22,45
		19,2	21,45	22,46

Fonte: Autor (2015)

Gráfico 1: Variação da resistência à compressão.



Fonte: Autor (2015).

## CONCLUSÃO

Embora a substituição da cinza não tenha implicado no aumento de resistência, observa-se que a substituição do cimento Portland por 10 e 15% de CBC não apresentou redução significativa na propriedade estudada em relação à série de referência na idade mais importante para resistência final, aos 28 dias, apresentando melhores resultados que a série produzida com 3% de CBC.

A partir desses dados podemos concluir que: como os concretos confeccionados com 10 % CBC (série 1) obtiveram valores de resistência à compressão similares aos exemplares de referência, a partir de estudos mais refinados essa dosagem poderá ser útil na produção do concreto. Os concretos produzidos com 3% de CBC apresentaram menores valores de resistência à compressão que são consideráveis para a obtenção resistência do concreto desejada. O ganho de resistência aos 28 dias iniciais de cura representa que as propriedades pozolânicas da cinza foram mais evidentes nesse período.

Sendo assim, não se pode descartar a possibilidade da inserção do resíduo como um insumo do concreto estrutural, pois as suas características químicas apontam para sua utilização no concreto, devendo-se, apenas, estabelecer os teores adequados de substituição com a realização de novos ensaios. A utilização desse resíduo apresenta-se como um importante passo para promover práticas e diretrizes sustentáveis tanto na construção civil, como no setor canavieiro, uma vez que os impactos ambientais causados pelo descarte da CBC no meio ambiente e os impactos causados na fabricação do cimento Portland e/ou extração de areia serão minimizados.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo – análise granulométrica. NBR 7181, 1984 Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo – Determinação da Massa Específica Aparente. NBR 6508, 1984. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rochas e solos – Terminologia. NBR 6502, 1995. Rio de Janeiro.

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Concreto – Preparo, controle e recebimento. NBR 12655, 1996. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Concreto – determinação da consistência pelo abatimento do troco de cone. NBR NM 67, 1998. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Materiais metálicos – Calibração de máquinas de ensaio estático uniaxial. NBR NM ISO 7500-1, 2004. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Concreto – ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos: procedimento. NBR 5739, 2007. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Agregado para concreto – especificação. NBR 7211, 2009. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Modelagem e cura de corpos de prova cilíndricos de concreto. NBR 5738, 2015. Rio de Janeiro.
- AMERICAN SOCIETY for TESTING and MATERIALS. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete. ASTM C 618. Philadelphia, 1995.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de Cana-de-Açúcar 2015/2016 - Segundo Levantamento. 2015. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_12\\_17\\_09\\_03\\_29\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_3o\\_lev\\_-\\_15-16.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_09_03_29_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_15-16.pdf). Acesso em: 04 de junho de 2016.
- 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. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2006.
- MACEDO, P. C., Avaliação de argamassas com adição da cinza do bagaço de cana-de-açúcar. Dissertação de Ms.C., FEIS/UNESP, Ilha Solteira, SP, Brasil, 2009.
- PAULA, M. O, Tinôco, I. F. F., RODRIGUES, C. S., Silva, E. N., Souza, C. F. Potencial da cinza do bagaço da cana de açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental. vol.13 no.3 Campina Grande Mai/Jun 2009.
- SNELLINGS R; MERTENS,G; ELSEN, J. Calorimetric Evolution of the Early Pozzolanic Reaction of Natural Zeolites. Journal of Thermal Analysis and Calorimetric. V. 101, n.1, July, 2010.
- SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório Anual 2012. Rio de Janeiro: SNIC, 2013.