SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND POR CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM ARGAMASSA

GUSTAVO DE CARVALHO GORGES[1], JOHANES PAULO WEDEKIND[2] e THIAGO BIACA DE SOUSA[3]

[1]Acadêmico de Engenharia Civil, UNIPAR, Umuarama-PR, gustavo.gorges@edu.unipar.br;
[2]Acadêmico de Engenharia Civil, UNIPAR, Umuarama-PR, johanes.wedekind@edu.unipar.br;
[3]Docente em Engenharia Civil, UNIPAR, Umuarama-PR, thiagobiaca@prof.unipar.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: O presente trabalho objetivou estudar a respeito da substituição parcial do cimento portland pelo resíduo da queima do bagaço da cana-de-açúcar em argamassa. Desta forma, as modificações ocorreram nos porcentuais de 0 (referência), 5, 10 e 20% do cimento pelo resíduo, tendo a finalidade de buscar benefícios como a melhoria das propriedades da argamassa, a redução do consumo do cimento, o qual tem no processo de fabricação grande liberação de CO_2, e ainda diminuir o volume da extração da matéria prima da natureza. Por fim, oferecer uma destinação correta para as cinzas do bagaço da cana-de-açúcar, as quais são descartadas ao meio ambiente e também contribuir com a sustentabilidade. Deste modo, para análise de estudo, as argamassas passaram pelos respectivos ensaios: Índice de consistência, Teor de ar, Massa específica no estado fresco, Resistência à compressão axial, Capilaridade, Porosidade e Resistência à tração na flexão. Diante dos resultados, foi constado um melhor resultado aos 28 dias com substituição de 5% das cinzas do bagaço da cana-de-açúcar, proporcionado pelo melhor desempenho da atividade pozolânica com esse teor.
PALAVRAS-CHAVE: Cinzas do bagaço da cana-de-açúcar, Redução do consumo do cimento, Reaproveitar os resíduos, Sustentabilidade.

PARTIAL REPLACEMENT OF PORTLAD CEMENT BY SUGARCANE BAGASSE ASHES IN MORTAR

ABSTRACT: This work aims at studying the partial replacement of the portland cement in mortar by burnt sugarcane bagasse residue. Thereby, the modification occurred on the percentage of cement by the residue, from 0 (reference) to 20%, with the objective of searching benefits such as improving the mortar properties, cement consumption reduction, which has a high CO_2 emission in the manufacturing process, and diminish the volume of raw material extraction from the nature. Lastly, to offer a right destination for the sugarcane bagasse ashes, which are commonly discarded on the environment, and thus contributing to sustainability. Therefore, for study analysis, the mortar samples were subjected to the following experiments: Consistency Index, Air Content, Unhardened Specific Mass, Compressive Strength Test, Capillarity Test, Porosity, and Flexural Tensile Strength Test. The results at 28 days revealed a better overall performance of the samples with 5% replacement of the Portland cement by sugarcane bagasse ashes, caused by a better pozzolanic activity at this percentage.
KEYWORDS: Sugarcane bagasse ashes, Cement consumption reduction, Residue reuse, Sustainability.

INTRODUÇÃO

Segundo De Paula et al. (2006), a necessidade da geração de energia a partir de fontes renováveis e a busca por sustentabilidade tem aumentado no últimos anos, o que estimulou a industria de álcool etanol a partir da cana-de-açúcar. Assim, na industria sucroalcooleira, durante a extração do caldo da cana, é gerado o bagaço, o qual corresponde 30% da cana moída. Este bagaço é utilizado para gerar energia elétrica para a própria empresa com a sua queima, sendo assim, uma indústria autossustentável energicamente. Além disso,

segundo o relatório da FIESP/CIESP (2001), cerca de 95% de todo o bagaço de cana-de-açúcar produzido no Brasil é queimado em caldeiras, para a fabricação de energia e para cada tonelada de bagaço que alimenta essa produção, cerca de 24 kg de cinza são gerados. Essa queima gera resíduo o CBC (cinza do bagaço da cana-de-açúcar), que tem potencial de atividade pozolânica devido a presença da sílica em sua composição, a qual é encontrada em quantidade acima de 60% da massa (CÂMARA, 2015).

De acordo com De Paula (2006), a pozolânica tem sua principal propriedade reagir com o hidróxido de cálcio, assim, formando compostos estáveis com poder aglomerante, como o cimento Portland em argamassa e no concreto da construção civil. Sendo assim, o aglomerante é um material ligante com a função de formar uma pasta que une os grãos do agregado, tais como da areia e da brita (ARAÚJO; RODRIGUES; FREITAS, 2000).

Desta forma, a presente pesquisa busca substituir parcialmente o cimento portland por um material pozolânico, tal como as cinzas do bagaço da cana-de-açúcar, a fim de se ter um material com propriedades semelhantes as argamassas convencionais. Deste modo, a relevância desta pesquisa se dá pela possibilidade da incorporação do resíduo da queima do bagaço da cana-de-açúcar em argamassa, possibilitando a redução do consumo de cimento, o qual libera no seu processo de fabricação CO_2 durante a calcinação do calcário e a queima de combustíveis fósseis no processo da produção do clínquer (CORDEIRO, 2006). Aliás, esse gás gerado é o principal componente a atacar a camada de ozônio que reveste a terra e a protege dos raios solares. Também diminui o volume da extração da matéria prima da natureza, visto que a construção civil é a industria mais poluente do planeta, pois é responsável por consumir cerca de 40 a 75% da matéria prima do mundo (AGOPYAN, 2013). Desta forma, ao incorporar a cinza na argamassa irá prejudicar menos o planeta e contribuir para a sustentabilidade do mesmo.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta das cinzas do bagaço da cana-de-açúcar (CBC) foi realizada através de sacos de ráfia na usina sucroalcooleira da cidade de Moreira Sales-PR, e após a coleta a mesma foi requeimada a 600ºC durante 6 horas por um forno tipo Mufla para que sofresse uma combustão completa, conforme fez De Paula (2006) em sua pesquisa. Posteriormente, segundo os estudos de Rukzon e Chindaprasirt (2012) ao utilizar o moinho de bolas para diminuir os grãos da cinza e passar por uma peneira de 45µm, a mesma quando substituída pelo cimento apresenta maior reações pozolânicas, consequentemente aumentará a resistência mecânica da argamassa. Diante do explanado e seguindo as orientações dos autores, a amostra da CBC em estudo foi levada para o moinho de bolas, onde permaneceu durante 120 minutos de moagem. Finalizado este processo, o material passou por uma classificação granulométrica sendo utilizado para a pesquisa o material remanescente a peneira 0,125 mm para a substituição, pois esse material é mais fino e limpo de impurezas presentes na cinza, aumentando ainda mais a reação pozolânica na mistura da argamassa. A massa específica da CBC foi de 2,205 kg/dm³.

O traço definido para dosar a argamassa foi 1:3 (cimento : areia), sendo o recomendado pela NBR 7215 (1996) para avaliação da resistência a compressão de cimentos, onde utilizou se o cimento CP V-ARI com massa específica de 3,090 kg/dm^3, além disso, o fator relação água/cimento padrão para todos os traços de 0,618. Também foi utilizado o aditivo Quevenks da linha QR-1000 Plus, um incorporador de ar para melhorar a trabalhabilidade da argamassa, utilizou-se a proporção de 1,3g de aditivo para cada 1kg de cimento. A mistura dos materiais para a confecção das argamassas e a moldagem foram executadas de acordo com a NBR 7215 (1996). O agregado que compõe a mistura da argamassa, por sua vez, foi a areia tipo fina de dimensão máxima característica de 0,600 mm, com massa específica e unitária de 2,520 e 1,605 kg/dm^3

Para as dosagens das argamassas foram adotados teores de 0 (referência), 5, 10 e 20% de CBC em substituição ao cimento, pois conforme De Paula (2006), essas proporções apresentou resultados satisfatórios em suas análises, entretanto em parcelas maiores que 30% apresentou menor resistência, maior porosidade e também absorção de água. Diante do exposto, a tabela 1 apresenta os traços das argamassas utilizadas na pesquisa.

Tabela 1. Traços unitários das substituições da CBC por cimento Portland

Traços de Argamassas					
Substituição Massa)	**Materiais**				
	Cimento (K	Cinza do bagaço da ca de-açúcar (K	Agregado miúdo nat (Kg)	Aditivo	Água (K
Referência	1,000	-	2,333	1,300	0,618
5%	1,000	0,053	2,333	1,300	0,618
10%	1,000	0,111	2,333	1,300	0,618
20%	1,000	0,250	2,333	1,300	0,618

Foram moldados por teores de substituições 16 corpos de provas de 50x100 (mm), os quais foram submetidos aos ensaios de compressão axial, sendo rompidos 4 corpos de provas por idade de 7, 14, 21 e 28 dias de endurecimento. Além disso, foram moldados mais 3 corpos de provas de mesmo tamanho para o testes de capilaridade e porosidade aos 28 dias de cura, totalizando 19 corpos de provas. Por fim, foram moldados 4 corpos de provas 40x40x160 (mm) por traço de argamassa para serem submetidos ao ensaio de tração na flexão aos 28 dias de endurecimento.

Os corpos de provas foram desmoldados após 24 horas de endurecimento e mantidos em cura submersos até momentos antes de serem ensaiados no laboratório. Também, devido à impossibilidade de efetuar o capeamento no laboratório, quadrados 7x7 cm de MDF (Medium Density Fiberboard) com densidade de 680 kg/m³ foram previamente cortados para o ensaio de compressão axial. Estes foram colocados nas extremidades de cada corpo de prova a fim de absorver as deformações e chegar a resultados próximos dos reais. A figura 1 ilustra o ensaio de resistência compressão axial.

Figura 1. Ensaio de resistência à compressão axial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme as análises dos ensaios, no que tange a massa específica no estado fresco, as argamassas apresentaram as respectivas densidade de massa e teor de ar.

Tabela 2. Resultados dos teores de ar nas argamassas

% Substituições	Massa específica no estado fresco (kg/c	Teor de ar (%)
Referência	1886	11,95
5%	1903	11,15
10%	1909	10,87
20%	1898	11,39

Nota-se que com a incorporação da CBC houve um aumento na massa específica das argamassas em relação a de referência, isto está relacionado a granulometria dos materiais, pois de acordo com Canova et al. (2015), a cinza do bagaço da cana-de-açúcar apresenta granulometria fina preenchendo os vazios do agregado, que possui maior diâmetro em sua composição. Por outro lado, o teor de ar com as substituições, conforme apresentado na tabela 1, diminuiu de acordo com as incorporações. Isto é explicado também por Canova et al. (2015) em sua pesquisa, pois devido ao fechamento do empacotamento granulométrico do

excesso de finos na mistura, que causa a aproximação dos grãos, gerando assim a queda no teor de ar. Já o índice de consistência apresentou pouca diferença entre as argamassas conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3. Resultados do ensaio de Índice de consistência

Índice de Consistência				
Traços	**Valores dos Abatimentos (cm)**			**Resultado Final (cm)**
Referência	27,50	26,10	26,90	26,83
5%	27,00	26,50	27,30	26,93
10%	28,20	27,50	28,00	27,90
20%	27,50	28,00	26,50	27,33

Já sobre os resultados da resistência à compressão axial e a resistência à tração na flexão, houve um decréscimo nas resistências com as substituições, isto é explicado devido a argamassa se encontrar mais porosa com as substituições. Sendo assim, os respectivos índices de vazios (%) foram os seguintes: referência de 25,78; substituição de 5% de 26,08; substituição de 10% de 25,98 e substituição de 20% de 28,75.

A resistência à tração na flexão para os 28 dias de endurecimento da argamassa, os resultados foram de 1,99 MPa para o traço de referência, 1,66 MPa para a substituição de 5% , 1,51 MPa para a substituição de 10% e substituição de 20% de 1,45 MPa.

Figura 2. Resultados das Resistências à compressão axial

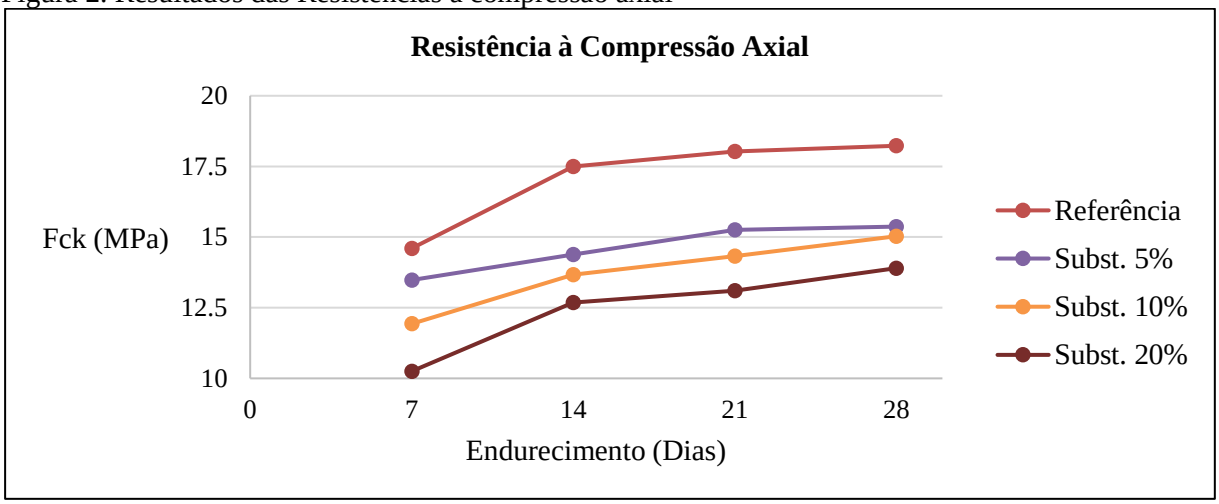
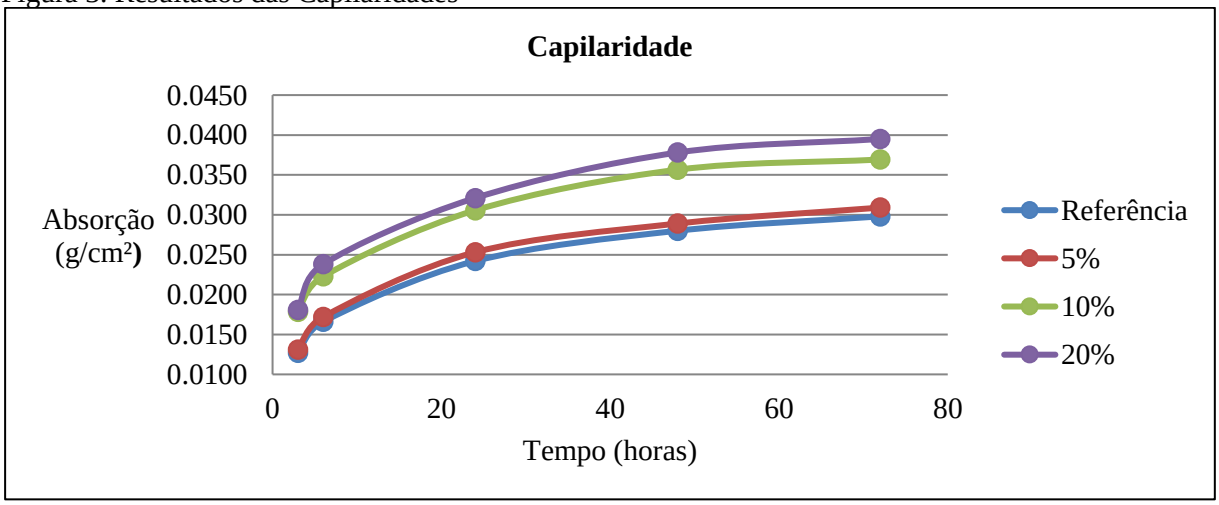


Figura 3. Resultados das Capilaridades



Por fim, as argamassas que apresentaram mais porosidade, também obtiveram os maiores índices de absorção de água por capilaridade devido a presença de vazios em sua composição.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados encontrados, o traço que apresentou resultados mais próximo ao traço de referência foi o de substituição de 5%, visto que os ensaios de índice de consistência, teor de ar e capilaridade apresentou resultados parecidos. Entretanto, é observado que quanto maior o porcentual de substituição de CBC por cimento portland, os ensaios de resistência à compressão axial e a tração na flexão tiveram resultados inferiores ao traço de referência, pois conforme aumentou o teor de cinza do bagaço da cana-de-açúcar na mistura, também houve aumento da porosidade da argamassa.

Apesar de os traços não apresentarem as resistências próximas a argamassa de referência, os mesmos ainda podem ser utilizados na construção civil dependendo apenas classe de agressividade do ambiente e local a ser empregado, podendo ser utilizado como emboço, reboco, contrapiso e dentre outros. Deste modo, os resultados indicam que é possível utilizar o resíduo da queima do bagaço da cana-de-açúcar como um substituinte parcial do cimento portland em argamassa e além disso ao incorporar o CBC reduz o consumo de cimento e extração da matéria prima da natureza. Por fim oferece um descarte correto para as cinzas do bagaço da cana-de-açúcar e também contribui para a sustentabilidade do planeta.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5736:Cimentos de Portland pozolânico, Rio de Janeiro, 1999.

_____. NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017

_____. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

_____. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – determinação da absorção de água por imersão – índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2011.

_____. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

_____. NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. ABNT, 2005.

_____. NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de janeiro, 1995.

_____. NBR 13279: Argamassa para assentamento e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão axial. Rio de Janeiro, 2005.

AGOPYAN. V. Construção Civil consome até 75% da matéria-prima do planeta. 2013. Disponível em: http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/07/construcao-civil-consome-ate-75-damateria-prima-do-planeta.html. Acesso: 17 de fevereiro de 2019.

ARAÚJO, R.C.L.; RODRIGUES, L.H.V.; FREITAS, E.G.A. Materiais de construção. Rio de Janeiro, 2000. (apostila)

CÂMARA, E. Efeitos da substituição parcial de agregados miúdos por cinza residuais do bagaço da cana-de-açúcar no processo de hidratação do cimento. Tese de Doutorado da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

CANOVA, José Aparecido; MIOTTO, José Luiz; DE MORI, Luci Mercedes. Avaliação de Argamassa Mista de Revestimento com Substituição da Areia Natural por Cinza de Bagaço de Cana-de-açúcar. Ciência & Engenharia, v. 24, n. 1, p. 125-134, 2015.

CORDEIRO, G.C. Utilização de Cinzas do Bagaço da Cana-de-açúcar e da Casca de Arroz como Aditivos Minerais em Concreto. Tese de Doutorado Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

DE PAULA, M. O. Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland. 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agricola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

FIESP/CIESP. Ampliação da oferta de energia através da biomassa. São Paulo - SP, 2001.

RUKZON, S.; CHINDAPRASIRT, P. Utilization of bagasse ash in high-strength concrete. Materials & Design, v. 34, p. 45-50, fev. 2012.