

## Uso de resíduos da queima do bagaço da cana-de-açúcar como agregado miúdo em matrizes cimentícias – blocos de concreto para pavimentação

## Use of sugarcane bagasse burning residues as minute aggregate in cementitious matrices - paving concrete blocks

### RESUMO

O processo de produção da cana-de-açúcar gera um resíduo que é a cinza da queima de seu bagaço que comumente é descartado de forma incorreta mesmo o Brasil sendo um dos maiores produtores do mundo. Outro fator ainda de grande importância é a escassez de recursos naturais como a areia gerando a necessidade de encontrar materiais que possuem características próximas. Buscando alternativas para disposição deste resíduo, o presente trabalho busca a substituição do agregado miúdo pela cinza do bagaço da cana-de-açúcar em blocos de concreto para pavimentação (*pavers*), nos teores de 0%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30% que serão avaliados quanto à resistência mecânica e à absorção. Apesar de ser possível existir atividade pozzolânica na cinza do bagaço da cana, a característica é mais difícil de ser encontrada pois necessita de queima temperatura específica, portanto foi adotada como adição mineral e não como aglomerante. Os resultados se apresentaram próximos ao traço referência, no entanto o teor de 30% obteve um acréscimo de aproximadamente 58% de resistência à compressão característica o que mostra ser possível a aplicação e até a melhoria das características do concreto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bagaço de cana. Blocos de concreto. Redução de resíduos.

### ABSTRACT

The process of sugarcane production generates a residue that is the ash from the burning of its bagasse that is commonly incorrectly discarded even though Brazil is one of the largest producers in the world. Another factor of great importance is the scarcity of natural resources such as sand, generating the need to find materials that have similar characteristics. Seeking alternatives for disposal of this waste, the present work seeks the replacement of the fine aggregate by the sugarcane bagasse ash in pavers, in the contents of 0%, 10%, 15%, 20%, 25% and 30% will be evaluated for mechanical strength and absorption. Although it is possible to have pozzolanic activity in sugarcane bagasse ash, the characteristic is more difficult to find because it requires specific temperature burning, so it was adopted as mineral addition and not as a binder. The results were close to the reference line, however the 30% content obtained a 58% increase in compressive strength which shows that it is possible to apply and even improve the concrete characteristics.

**KEYWORDS:** Sugarcane bagasse. Concrete blocks. Waste reduction

**Brenda Marques Oliveira**  
[brendaoliveirabmo@gmail.com](mailto:brendaoliveirabmo@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana, Paraná, Brasil

**Silvia Paula Sossai Altoé**  
[silviaaltoe@utfpr.edu.br](mailto:silviaaltoe@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana, Paraná, Brasil

**Sarah Honorato Lopes da Silva**  
[sarahh@utfpr.edu.br](mailto:sarahh@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana, Paraná, Brasil

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente um dos países com maior produção de cana-de-açúcar do mundo, possuindo uma área de plantio da safra 2018/2019 de 8,7 mi de hectares (CONAB, 2019). No entanto, ainda existe grande deficiência no que diz respeito ao descarte dos resíduos da cana-de-açúcar, a cinza de seu bagaço comumente é aplicada como fertilizante nas próprias lavouras de cana, porém não possuem os nutrientes necessários para tal finalidade.

Estima-se que o bagaço representa 30% da massa da cana-de-açúcar e 50% de umidade (MARTINS; MACHADO, 2000), uma tonelada de cana gera 260 kg de bagaço e nessa mesma proporção são produzidos 6 kg de cinza (CORDEIRO, 2006).

Além de ineficiente, a aplicação da cinza em lavouras pode acarretar em contaminação do solo como mostra a caracterização feita por Altoé (2017) que o resíduo seria um material não perigoso e não inerte devido à sua composição química analisada pelos ensaios de lixiviação e solubilização, correspondente à classe II A da NBR 10004 (ABNT, 2014).

Em contrapartida existe a necessidade da redução do consumo de materiais naturais como a areia que está ficando cada vez mais escassa em algumas localidades o que gera um aumento de seu preço além de que a extração contribui com a degradação do meio ambiente pois pode provocar o assoreamento de rios.

A composição química da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBC) é predominantemente de dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) e se produzidas há uma queima controlada de  $600^\circ\text{C}$  pode ser utilizada como pozolana (CORDEIRO; TOLEDO; FAIRBAIRN, 2009), característica presente em aglomerantes de concreto.

Caso não ocorra a situação descrita, a cinza irá apresentar formato predominantemente cristalino e com alto teor de quartzo, um dos componentes mais presentes na areia natural e, portanto, seria mais provável o sucesso na substituição da cinza por um agregado que por um aglomerante.

Alguns dos autores que aplicaram a CBC em matrizes cimentícias em substituição ao agregado miúdo obtiveram ótimos resultados como Fernandes *et al.* (2015) que conseguiram melhora do desempenho das propriedades do concreto na maior parte das análises feitas com o traço de 20% de substituição.

Lima *et al.* (2009) também obteve aumento na resistência à compressão em argamassas com os teores de 20% e 30% de substituição do agregado miúdo. Estes estudos mostram que o uso de adições minerais pode trazer benefícios às matrizes cimentícias através do refinamento de poros e redução da conexão entre os mesmos, acarretando em melhor compactação dos materiais e melhorando suas propriedades.

O presente trabalho busca aplicar a cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBC) em blocos de concreto para pavimentação em substituição parcial ao agregado miúdo. As substituições foram feitas nos teores de 10%, 15%, 20%, 25% e 30% e serão avaliadas quanto à absorção e resistência à compressão e comparados com o traço referência, ou seja, concreto sem substituições.

Foi escolhido a aplicação em blocos de concreto para pavimentação pois a norma vigente para esse material indica que sua resistência mecânica deve ser 35 MPa para tráfego de pedestre, veículos leves e veículos comerciais de linha, o que

pode ser considerado como alto. Como os estudos apontam melhora nesse quesito, a aplicação da cinza poderia colaborar para que o requisito seja atingido.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. MATERIAIS

Para a confecção dos blocos foram utilizados cimento CP II F 32 (Cimento Portland composto com Fíler), areia média como agregado miúdo, pedrisco basáltico como agregado graúdo, cinza do bagaço da cana-de-açúcar proveniente da Usina Santa Terezinha localizada à aproximadamente 10 quilômetros de Maringá e água.

Para utilização das cinzas é necessário peneiração para que sejam removidas gravetos, pedras e partículas que não passaram por combustão completa, e quando removidas essas partículas, a cinza é em sua maior parte classificada como areia fina segundo a NBR 6502:1995 (ABNT, 1995) cujo intervalo é de 0,06 mm a 0,2 mm.

### 2.2. DOSAGEM E MOLDAGEM DOS BLOCOS

A moldagem dos corpos ocorreu no Laboratório de Materiais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Apucarana, no traço de concreto 1:2:2, correspondentes à proporção de cimento, agregado miúdo e agregado graúdo, além de um fator de água/cimento de 0,45 que foi analisado em todos os traços pelo Método do Ponto de Pelota (HOOD, 2006) se seria necessário incremento de água à mistura, o que não ocorreu.

Foram moldados 36 corpos de prova, sendo 6 amostras de cada traço com fôrmas com dimensões de aproximadamente 20 cm de comprimento por 10 cm de largura e 6 cm de altura que serão ensaiados e analisados com base na NBR 9781:2013 – Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaios (ABNT, 2013) quanto à absorção e a resistência mecânica.

A moldagem se deu com o auxílio de um equipamento vibratório em duas camadas para que ocorresse a compactação e não sobrassem vazios. A desmoldagem foi feita com 7 dias de idade e a cura dos corpos foi feita durante 48 horas após a desmoldagem e sendo feita por aspersão.

### 2.3. ENSAIOS

#### 2.3.1. Resistência à Compressão

Para ensaio de resistência à compressão característica foram ensaiadas 3 amostras, ao todo 18 unidades e foram feitas na idade de 28 dias conforme indica a NBR 9781:2013 (ABNT, 2013).

A análise dos resultados será feita a partir da comparação com o resultado do traço referência pois a norma indica 35 MPa de resistência característica para tráfego de pedestre, veículos leves e veículos comerciais de linha, o que para alguns como Fioriti (2007) é um valor contestado por ser muito alto.

### 2.3.2. Absorção de Água

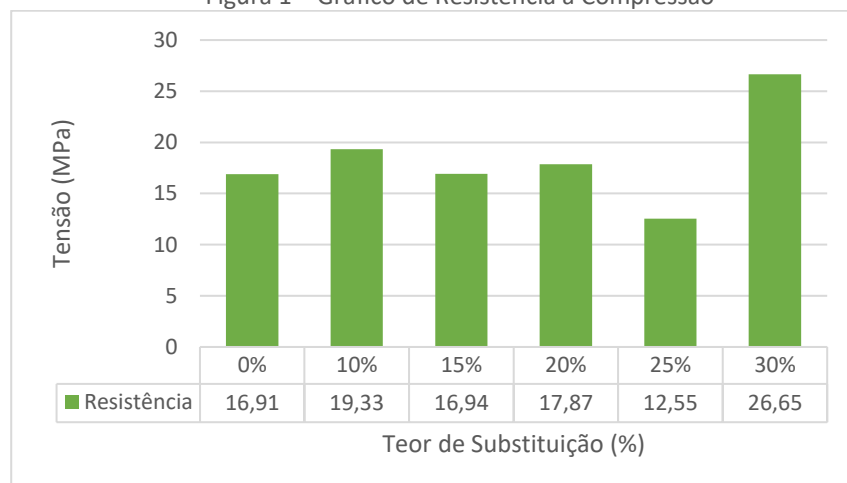
A absorção de *pavers* também é regulamentada pela NBR 9781:2013 e indica o ensaio de 3 amostras por traço de concreto na idade de 28 dias, sendo que a recomendação é que o desvio padrão das amostras não deve apresentar valor maior que 6% e individualmente nenhuma amostra deve estar acima de 7%.

## 3. RESULTADOS

### 3.1.1. Resistência à Compressão

Os resultados obtidos pelos blocos fabricados com a cinza nos teores de 10% e 20% apresentaram resistência superior ao traço referência, porém o traço de 30% teve aumento de 58% como mostra a Figura 1. A média desse traço foi de 26,65 MPa que mesmo sendo tão elevado comparado aos outros ainda não atingiu o valor requerido pela norma de 35 MPa (ABNT, 2013), porém apenas a substituição de 25% não atingiu os 15 MPa que Fioriti (2007) indica como suficiente para o tipo de solicitação que a norma indica.

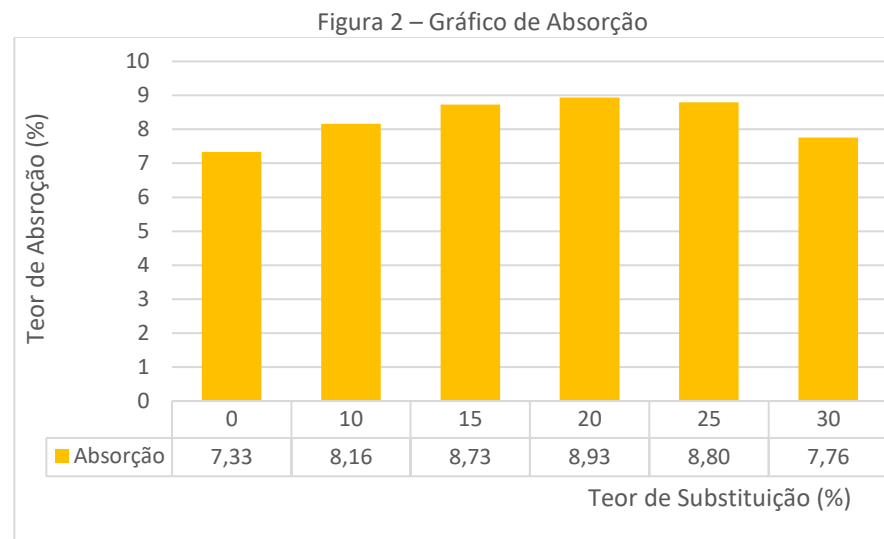
Figura 1 – Gráfico de Resistência à Compressão



Fonte: Autoria própria (2019).

### 3.1.2. Absorção de Água

Os resultados encontrados para absorção estão apresentados na Figura 2 onde é possível observar que nenhum dos valores ficou abaixo do limite recomendado máximo de 6% e também do valor de 7% máximo para cada amostra individualmente pela NBR 9781:2013 (ABNT, 2013).



Fonte: Autoria própria (2019).

Apesar disto, o fator mais importante é a comparação com o traço referencial, cujo qual foi executado nas mesmas condições dos demais e mesmo tendo a menor absorção não alcançou o parâmetro.

## 4. CONCLUSÃO

Foi possível analisar que o melhor traço de substituição encontrado foi o de 30% pois apresentou resistência característica de aproximadamente 58% acima do traço referência e menor absorção entre as substituições tendo acréscimo de 0,43% apenas comparado ao referencial, mostrando que deve ocorrer um empacotamento melhor das partículas e redução dos vazios do material que acarretou na melhora das características. Somente o traço de 25% não obteve acréscimo de resistência comparado ao sem substituição.

## REFERÊNCIAS

ALTOÉ, S. P. S. **Resíduos de pneus e da queima do bagaço da cana-de-açúcar na fabricação de blocos de concreto para pavimentação (pavers)**. 174f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: Rochas e Solo. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

CORDEIRO, G. C. **Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto**. 445f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIRN, E. M. R. Effect of calcination temperature on the pozzolanic activity of sugarcane bagasse ash. **Construction and Building Materials**, v. 23, 2009, p. 3301-3303. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/conbuimat> . 2009. Acesso em: 13 abr. 2019.

FERNANDES, S.E.; TASHIMA, M.M.; MORAES, J.C.B.; ISTUQUE, D.B.; FIORITI, C.F.; MELGES, J.L.P.; AKASAKI, J.L. Cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como adição mineral em concretos para verificação de sua durabilidade. **Revista Matéria**, v.20, n.4, p. 909 – 923, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rmat/v20n4/1517-7076-rmat-20-04-00909.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2019.

FIORITI, C. F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneu como material alternativo**. 202 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

LIMA, S. A., et al. Análise de argamassas confeccionadas com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar em substituição ao agregado miúdo. **Revista Tecnológica**, v. 18, pp. 87-97, 2009. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/8747>. Acesso em: 20 de abr. 2019.

MARTINS, C.H.; MACHADO, P.H.T. Estudo da utilização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar em argamassas em concretos. In: ECMEC 2010 – Encontro Nacional de Materiais de Estruturas Compositas, 2010, Porto. **Anais...** Editora da Universidade do Porto, 2010.