

## Vantagens da Utilização da Cinza do Bagaço da Cana de Açúcar como uma Medida Sustentável para a Indústria do Cimento

Anariele Maria Minosso (UFSM) [anarieleminosso@hotmail.com](mailto:anarieleminosso@hotmail.com)  
Maria Luiza Piaia (UTFPR) [malu\\_piaia@hotmail.com](mailto:malu_piaia@hotmail.com)  
Nayara Vargas Witcel Fidelis (UTFPR) [nayaravargasf@hotmail.com](mailto:nayaravargasf@hotmail.com)  
Vinícius Zanandrea (UFSM) [viniciuszandrea@gmail.com](mailto:viniciuszandrea@gmail.com)  
Andreas Dittmar Weise (UFSM) [mail@adweise.de](mailto:mail@adweise.de)

### Resumo:

A emissão de dióxido de carbono na atmosfera tem sido apontada como principal fator de destruição da camada de ozônio e, somente a indústria do cimento é responsável por 7% de todo CO<sub>2</sub> emitido, portanto, pesquisas vem sendo desenvolvidas visando minimizar o impacto ambiental desta indústria (SOUTO, 2010). O presente artigo objetiva apresentar as vantagens que o uso da cinza do bagaço da cana de açúcar, na produção de concreto, pode trazer ao meio ambiente, à indústria cimentícia, e à construção civil. Este estudo trata-se de uma pesquisa bibliográfica embasada nos resultados obtidos em oito artigos científicos, onde os autores realizaram testes físicos e mecânicos para descrever as características do concreto com uso da cinza do bagaço da cana. Através dos resultados, observou-se que a adição de 10% a 15% das cinzas do bagaço da cana em microconcretos melhora seu desempenho; adições de até 20% de cinza geram um aumento na resistência à compressão e redução na permeabilidade; substituição parcial de cimento por 20% de cinza torna o concreto com melhores características auto compactantes, e quando a cinza entra em substituição à areia em 20% torna o concreto menos viscoso. Conclui-se que é possível reduzir o consumo de cimento e de areia na produção de concreto, pela substituição parcial da cinza do bagaço da cana, sem diminuir sua qualidade e ainda ter menor custo, pois a cinza é um resíduo sem custo agregado. Além de diminuir o impacto causado na atmosfera pela emissão de CO<sub>2</sub> na produção de cimento.

**Palavras chave:** Cinza do bagaço da cana de açúcar, Atividade pozolânica, Cimento, Concreto.

## Advantages from Use of Ash from Bagasse Cane Sugar as a Sustainable Measure for Cement Industry

### Abstract:

Carbon dioxide emissions in the atmosphere has been identified as the main factor of destruction of the ozone layer, and only the cement industry accounts for 7% of all CO<sub>2</sub> emissions, therefore, research has been developed to minimize the environmental impact of this industry (Souto, 2010). This article presents the advantages that the use of gray bagasse from sugar cane, in concrete production, can bring to the environment, the cement industry, and construction. This study deals with a bibliographic research based on the results obtained in eight scientific papers where the authors carried out physical and mechanical tests to describe concrete features with the use of sugarcane bagasse ash. From the results, it was found that adding 10% to 15% of sugar cane bagasse ash microconcretos improves its performance; Additions of up to 20% ash generates an increase in the compressive strength and permeability reduction; partial replacement of cement by 20% ash makes concrete with better self compacting characteristics, and when the ash goes into replacing the sand by 20% makes it less viscous concrete. It follows that it is possible to reduce the consumption of cement

and sand in concrete production, the partial replacement of sugarcane bagasse ash without diminishing its quality and still have lower cost because the ash is a residue with no added cost. In addition to lowering the impact on the atmosphere by CO<sub>2</sub> emissions in cement production.

**Key-words:** Ash from bagasse cane sugar, Pozzolanic activity, Cement, Concrete.

## 1. Introdução

Com a crescente preocupação em se aplicar a sustentabilidade nos diversos setores da economia, a construção civil vem se adaptando a esta realidade na busca constante de novos processos construtivos que atendam as necessidades da população em geral e ao mesmo tempo, possam contribuir com o meio ambiente. O uso de resíduos nas construções, sejam elas residenciais, edificações ou de infraestrutura urbana, aparece como uma alternativa para o setor (TOMAIN *et.al.*, 2015).

Segundo Lima (2008), a indústria da construção civil consome cerca de 20 a 50% do total de recursos naturais utilizados pelas atividades industriais. Assim, o emprego de resíduos na engenharia civil tem se consolidado como uma prática para a sustentabilidade.

Constantemente, novas pesquisas surgem sobre a busca de alternativas de materiais para utilização na construção civil, como por exemplo, a utilização de cinzas na confecção de concreto e argamassa. Dentre as alternativas existentes, este trabalho analisa a utilização do bagaço da cana de açúcar, o maior resíduo da agricultura brasileira e portanto, um potencial ingrediente para a construção civil (TOMAIN *et.al.*, 2015).

Dentro deste contexto, o setor sucroalcooleiro é uma das atividades econômicas mais antigas no Brasil e, atualmente o país é o maior produtor mundial de cana de açúcar, açúcar e etanol. A produção de cana de açúcar ocorre no ano inteiro e as regiões Sul, Sudeste, Centro Oeste e Nordeste são as maiores produtoras. Como o setor só vem crescendo nos últimos anos, estima-se que o país deve alcançar uma taxa média de aumento da produção em 3,25%, até 2018/19, e colher 47,34 milhões de toneladas do produto, o que corresponde a um acréscimo de 14,6 milhões de toneladas em relação ao período 2007/2008 (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2016).

Anjos (2009) explica que, no processo de moagem da cana para a extração do caldo, o bagaço é gerado, e geralmente é queimado como combustível em caldeiras, que geram o vapor d'água utilizado na produção de açúcar e álcool e em processos de co-geração de energia. A cinza do bagaço é gerada como subproduto, e vem sendo alvo de interesse para estudos por causa da disponibilidade crescente e, pelo fato, de que cada tonelada de cana produzida resulta em cerca de 6,2 kg de resíduo de cinza (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2016).

Este resíduo da cana contém alto teor de sílica, o que o torna uma fonte suplementar de aditivo mineral e pozolana para a produção de materiais cimentícios (ANJOS, 2009). A pozolana, é um material inorgânico, que pode ser natural ou artificial, silicoso ou alumino silicoso e, que apresenta características aglomerantes quando finamente moída e usada na presença de água e hidróxido de cálcio (NEVILLE, 1997). A pozolanicidade e o efeito *filler* desses resíduos podem estar sujeitos às particularidades da cana de açúcar, da temperatura de queima do bagaço e da granulometria das cinzas (SPITALE e POGGIALI, 2010).

O emprego de materiais pozolânicos na substituição parcial do cimento gera economia significativa de energia e diminui as emissões de gases poluentes como CO<sub>2</sub>, que causam impactos ao meio ambiente, além disso consequentemente também diminuem o custo da indústria cimentícia (GOBBI, 2010). Esta indústria é de grande impacto para a economia

brasileira, devido à sua elevada participação no mercado, com um consumo aparente de cimento no ano de 2015 de 65 milhões de toneladas no Brasil e vendas acumuladas no primeiro semestre de 2016 em 28 milhões de toneladas (SNIC, 2016).

Observando-se a importância da indústria do cimento para o Brasil e visando a utilização da cinza do bagaço da cana de açúcar para a fabricação de concretos com baixo teor de carbono, este artigo irá apresentar alguns estudos em que pesquisadores analisaram o desempenho de concretos produzidos com adição das cinzas do bagaço da cana de açúcar, demonstrando então, quais as vantagens do uso deste resíduo para a indústria cimentícia e para o meio ambiente.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1. Processo de fabricação do cimento convencional**

O processo de fabricação de cimento inicia-se com a exploração das matérias primas em pedreiras, as quais devem conter determinadas proporções de cálcio, sílica, alumina e ferro, para então ser realizada a britagem e moagem do material, na sequência, é feita a cozedura do material, formando o clínquer, o qual representa 95% da composição do cimento e, os demais 5% é composto por gesso, assim tem-se o cimento pronto para ser ensilado, embalado e expedido ao seu destino (SECIL, 2016).

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (2016) a fabricação do cimento consiste em sete etapas, são elas:

- a) Extração da matéria prima: extração de calcário a céu aberto;
- b) Britagem: o calcário é reduzido a um diâmetro máximo de 25 mm;
- c) Moagem da mistura crua: as matérias primas (calcário, argila e areia) são transformadas em pó;
- d) Homogeneização da mistura crua: mistura uniforme com composição química adequada para ir ao forno;
- e) Calcinação (clínquer): aquecimento da farinha crua a 1450 °C dando origem ao clínquer;
- f) Moagem do clínquer: adição de gesso completando a fabricação do cimento;
- g) Despacho do cimento.

Com a elevação da produção de cimento, os impactos ambientais causados pelas usinas cimentícias aumentam gradativamente. Estudos internacionais atribuem 5% das emissões atmosféricas de CO<sub>2</sub> à fabricação de cimento, e este percentual tem previsão de crescimento visto que a tendência é que o consumo de cimento aumente (SNIC, 2013). Estima-se que, para cada tonelada de cimento produzido é emitido na atmosfera aproximadamente uma tonelada de gás carbônico, sendo assim, diante deste impacto algumas indústrias já estão tomando medidas para reduzir a emissão de gases, como o desenvolvimento e implantação de tecnologias limpas (GOBBI *et.al.*, 2010).

### **2.2. Processo alternativo para produção de cimento através da adição da cinza do bagaço da cana de açúcar**

O processo de obtenção do bagaço da cana inicia-se com a planta sendo colhida e levada até a usina, e então, ela passa por três moendas, onde o produto da primeira moagem vai para a produção de açúcar, na segunda e na terceira, extrai-se material para o álcool combustível, e o que resta é o bagaço, que é queimado e transformado em cinza (MARTINS, 2009).

Em 2011, foi consumida cerca de 100 a 120 milhões de toneladas de areia de rio pela

indústria cimentícia no Brasil e, em contrapartida foram produzidas cerca de 4 milhões de toneladas de cinza a partir do bagaço, representando 4% do volume total de areia, sendo que em 1 metro cúbico de concreto, a cinza poderia substituir até 50% da areia (UNICA, 2011).

Ao utilizar a cinza do bagaço da cana de açúcar como uma alternativa para a fabricação de cimentos, aproveita-se o resíduo das usinas sucroalcooleiras, reduzindo o impacto ambiental causado por usinas deste ramo (GOBBI *et al.*, 2010).

De acordo com Cordeiro *et.al.* (2009), a incorporação da cinza pode agregar valor econômico ao resíduo agroindustrial, ao invés de descartá-lo, e proporcionar vantagens técnicas e ambientais ao ramo da construção civil com a substituição parcial de cimento Portland.

Uma das vantagens do uso desta cinza, é que a mesma apresenta grande concentração de sílica, que tem comportamento de cimento pozolânico, quando entra em contato com a água e em conjunto com cimento, forma um composto aglomerante muito resistente (UNICA,2011).

A NBR 12653 (ABNT, 1992) classifica as pozolanas naturais como os materiais de origem vulcânica ou de origem sedimentar com teor de óxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) maior que 65%, e as pozolanas artificiais como materiais resultantes de processos industriais ou provenientes de tratamento térmico, determinando-se a pozolanicidade do material através do índice de atividade pozolânica com o cimento e com a cal, conforme a NBR 5752 (ABNT, 1992).

Spitale e Poggiali (2010) explicam que, embora o uso da cinza como adição mineral apresente benefícios importantes, o maior desafio para sua utilização de modo efetivo está relacionado ao fato de que cada indústria fabrica cinzas com distintas características físico químicas, já que um dos fundamentais objetivos dessas usinas é a cogeração de energia, deste modo, é conveniente a utilização das cinzas na produção do cimento, de forma similar à escória de alto forno, pois nesta fase pode ter um controle maior para fabricação de um aglomerante homogêneo.

De acordo com Gobbi *et.al.*(2010), as adições de minerais na produção de concreto, são efetuadas desde a década de 80 no caso de concretos que exigem alta resistência, em grautes e argamassas de reparo, devido ao efeito químico relacionado com a adição envolver a formação de silicato de cálcio hidratado (C-S-H), produto responsável pela resistência das pastas de cimento. Outro efeito interessante é o refinamento de poros, ou seja, a transformação de vazios maiores em numerosos pequenos poros com baixo grau de conectividade, características importantes para os materiais destinados ao reparo de estruturas de concreto armado (GOBBI *et al.*, 2010).

### 3. Metodologia

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica, a qual, de acordo com Gil (2007), é aquela elaborada a partir de material já publicado, como: livros, artigos científicos e materiais disponibilizados na internet.

Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto, porém, existem algumas que são unicamente bibliográficas, as quais procuram referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta (LAKATOS e MARCONI, 2003).

Para a composição da pesquisa foram selecionados oito artigos científicos, publicados no período de 2004 à 2011, nos quais foram realizadas práticas para analisar o efeito da utilização da cinza do bagaço da cana de açúcar em substituição completa ou parcial a alguns materiais, como cimento e areia, na produção de concreto.

Utilizou-se como fonte de busca dos mesmos, o “Google acadêmico” e, para complementação do referencial foram pesquisados *sites* e normas nacionais até o presente ano, relativos ao ramo da construção civil e da indústria cimentícia, através do uso de palavras chave, como: “cinza do bagaço da cana de açúcar”, “construção civil”, “pozolana”, “concreto” e “indústria do cimento”.

#### 4. Resultados e Discussões

Os estudos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa serão apresentados sucintamente na sequência, com foco maior nos respectivos resultados obtidos.

Zardo *et.al.* (2004), realizaram um estudo sobre a utilização da cinza do bagaço da cana de açúcar como *filler* em compostos de fibrocimento. As cinzas foram separadas e moídas por um período de 1,5h e 3 h e classificadas de acordo com o tamanho de suas partículas, na sequência essa cinza foi misturada no cimento juntamente com fibras vegetais e sintéticas para fabricação de placas prensadas de fibrocimento. Os resultados obtidos foram um teor de  $\text{SiO}_2$  das cinzas de 77% na forma cristalina e resistência à tração na flexão superior aos compósitos com cinza moída do que os com cinza não moída.

Spitale e Poggiali (2010) estudaram o desempenho de microconcretos produzidos com clínquer, gesso e distintas adições de cinzas de bagaço de cana. As cinzas foram distinguidas física e quimicamente e foi analisado o desempenho mecânico e de durabilidade de microconcretos produzidos com os diferentes teores de cinza. Constataram que o índice de atividade pozolânica e de condutividade sofrem influencia da moagem positivamente na reatividade das cinzas e, apesar das cinzas moídas de modo fino e grosso possuírem diferentes teores de  $\text{SiO}_2$  e grau de cristalinidade distintos, quando acrescentadas aos microconcretos em quantidades de 10% e 15%, melhoraram o desempenho do mesmo.

Cordeiro *et.al.* (2008) avaliaram as cinzas do bagaço da cana de açúcar submetidas a um extenso programa de moagem em moinhos vibratórios e moinhos de bolas rotativo, e evidenciaram que as cinzas moídas por tempo superior a 15 minutos em moinhos vibratórios podem ser classificadas como pozolânicas segundo a Norma Brasileira NBR 5752 (ABNT, 1992) que indica a atividade pozolânica com o cimento. Em relação às características morfológicas e físico-químicas das cinzas de bagaço de cana-de-açúcar sob condições de queima controlada a 600 °C em forno resistivo e cominuída em moinho planetário constatou atividade pozolânica adequada de acordo com a NBR 12653 (ABNT, 1992) para uso como pozolana em materiais de construção. A elevada atividade pozolânica dessa cinza é devido a presença de sílica amorfa, ao tamanho reduzido de partículas, à elevada superfície específica e a reduzida perda ao fogo (CORDEIRO *et.al.*, 2008).

O desempenho de concretos com adição de cinza do bagaço da cana foi analisado por Ganesan *et.al.* (2007), o qual verificou que adições de até 20% de cinza geram um aumento na resistência à compressão e uma redução na permeabilidade e na penetração de íons cloretos.

Dantas (2009) realizou um estudo com concreto auto adensável para determinar a influência da utilização da cinza do bagaço da cana no comportamento deste material e, para tanto avaliou três traços: traço de referência (TR), sem adição de cinza; traço com a substituição parcial de 20% do cimento por cinza (T1), e traço com a substituição de 20% de areia por cinza (T2). O pesquisador constatou que a adição da cinza, em substituição ao cimento, tornou o concreto com melhores características auto compactantes comparando com o método convencional, e também verificou que, quando a cinza entra em substituição à areia torna o concreto menos viscoso uma vez que a cinza tem finura muito maior que a areia, sendo assim, é possível reduzir o consumo de cimento e ter menor custo na produção, já que a cinza é um resíduo sem custo agregado, além de diminuir o impacto causado ao meio ambiente, pois,

para obtenção da cinza tem-se zero emissão de carbono.

Gobbi *et.al.* (2010) realizaram um estudo em relação à atividade pozolânica das cinzas de bagaço de cana de açúcar para utilização em concretos, grautes e argamassas de reparo e, indicaram viabilidade técnica para o reaproveitamento deste resíduo por meio do cruzamento dos dados obtidos, entretanto, os autores não encontraram a combinação ideal de temperatura de queima, tipo de resfriamento e a adoção de moagem no material para se conseguir o refinamento dos poros e a amorfidade desejada na amostra.

Paula *et.al.* (2009) estudaram as potencialidades do uso da cinza do bagaço da cana como material pozolânico, com base em uma composição de cinza com 84% de SiO<sub>2</sub> e 5% de carbono, em que a sílica encontrava-se tanto na fase amorfa quanto nas fases cristalinas, de cristobalita e quartzo, e o tamanho das partículas de cinza estavam entre 1 e 14 µm e com uma área de superfície específica da ordem de 24 m<sup>2</sup>/g. Com base nos resultados obtidos concluiu-se que o emprego da cinza como adição mineral, substituindo parte do cimento em argamassas e concretos, contribui para a redução do impacto ambiental desses materiais, em boa parte decorrente da produção do cimento, e do ponto de vista da resistência à compressão, argamassas com teores de cinza entre 0 e 30% indicaram a possibilidade de substituição de até 20% do cimento pela cinza e constatou-se também que a cinza é um material pozolânico devido aos índices de atividade pozolânica obtidos.

Um estudo realizado por Lima (2011) visou avaliar a durabilidade de concretos que utilizaram a cinza do bagaço da cana de açúcar em substituição parcial ao agregado miúdo e ao cimento, por meio de ensaios de carbonatação e abrasão, no qual verificou-se características similares nos concretos com e sem adição de cinza e por fim, constatou-se que o concreto com cinza do bagaço pode ser usado em estrutura aparente de concreto armado com tratamento impermeabilizante da superfície, devido à maior propensão à carbonatação, portanto a cinza do bagaço da cana pode ser usada como material substituto parcial do agregado miúdo (30% a 50% de substituição) na fabricação de artefatos de concreto para infraestrutura urbana, que sofrem ações abrasivas superficiais de intensidade leve.

## 5. Considerações Finais

Por meio deste artigo verificou-se em termos quantitativos a importância da indústria cimentícia, bem como de todo setor da construção civil para a economia brasileira assim como, do setor sucroalcooleiro e da produção da cana de açúcar.

Para a indústria cimentícia o uso da cinza do bagaço da cana em substituição ao cimento ou à areia, confere diminuição dos custos de produção, pois não há custo considerável para a obtenção da cinza, diferente do custo para extração de areia e fabricação de cimento. Já, para as indústrias de açúcar e álcool, a maior vantagem é quanto à destinação da cinza, resíduo gerado devido ao processo da queima do bagaço para produção de energia nas mesmas.

Em alguns casos, a adição de 10% a 15% de cinzas melhora o desempenho do concreto e adições de até 20% geram um aumento na resistência à compressão e uma redução na permeabilidade do material. Constatou-se ainda, que a cinza do bagaço da cana-de-açúcar pode ser usada como material substituto parcial do agregado miúdo (30% a 50% de substituição) na fabricação de artefatos de concreto para infraestrutura urbana, pois sofrem ações abrasivas superficiais de intensidade leve.

Concluiu-se que o índice de atividade pozolânica da cinza sofre influência do seu processo de moagem, pois as cinzas moídas de modo fino e grosso possuem diferentes teores de SiO<sub>2</sub> e grau de cristalinidade distintos, quando acrescentadas aos microconcretos.

Com base nos estudos abordados neste artigo, observou-se que realmente é vantajosa a

substituição da cinza do bagaço da cana ou sua adição à mistura para fabricação de concreto. Porém, deve-se analisar qual a finalidade do concreto a ser produzido e realizar todas as análises químicas e físicas para verificar se a estrutura terá o suporte de que necessita. Os cuidados para adoção desta prática devem ser tomados desde o processo de queima do bagaço da cana, pois a temperatura da queima influencia nas propriedades químicas da cinza e, conseqüentemente na sua qualidade como material pozolânico. Além disso, deve-se verificar qual o tipo de resfriamento é ideal para a cinza, qual a granulometria esperada no processo de moagem para se conseguir o refinamento dos poros e a amorfidade desejada na amostra.

Sendo assim, recomenda-se que sejam realizados outros estudos para levantar exatamente quais as características necessárias da cinza e qual a porcentagem ideal de adição desta ao cimento, visando a produção de um concreto com menor custo agregado, maior qualidade e menor emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Inicialmente, requer-se a utilização de recursos econômicos para estes possíveis estudos, mas convém realizar uma análise de viabilidade técnica e financeira para realizá-los e assim inserir este novo concreto em grande escala na construção civil, gerando então, as vantagens já listadas no decorrer deste artigo.

## Referências

**ANJOS, M. A. S.** *Adição do resíduo de biomassa da cana-de-açúcar em pastas para cimentação de poços petrolíferos produtores de óleos pesados.* Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal: PPGCEM, abr. 2009. 171 p.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).** **NBR 7214.** *Areia Normal para ensaio de cimento.* Rio de Janeiro, 1982.

\_\_\_\_\_. **NBR 7215.** *Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão.* Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 12653.** *Materiais pozolânicos.* Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 5752.** *Método de determinação de atividade pozolânica em pozolanas.* Rio de Janeiro, 1992.

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

**CORDEIRO, G. C.; TOLEDO, R. D.; FAIRBAIRN, E. D. G.** *Caracterização de cinza do bagaço de cana-de-açúcar para emprego como pozolana em materiais cimentícios.* Quim.Nova, Vol. 32, No. 1, 82-86, 2009. 5 p.

**DANTAS et al.** *Influência do uso de cinza de biomassa da cana-de-açúcar no comportamento concretos auto-adensáveis.* Holos, Ano 25, Vol. 4, 2009. 42 p.

**FIESP/CIESP.** *“Ampliação da Oferta de Energia Através da Biomassa”.* São Paulo, 2001.

**GANESAN, K.; RAJAGOPAL, K.; THANGAVEL, K.** *Evaluation of bagasse ash as supplementary cementitious material.* Cement & Concrete Composites. 2007, p 515–524. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946507000418>>. Acesso em: 15 ago 2016.

**GIL, Antonio Carlos.** *Como elaborar projetos de pesquisa.* São Paulo: Atlas, 2007.

**GOBBI. A.** *Cinza de bagaço de cana-de-açúcar como adição para concreto: investigação sobre a atividade pozolânica.* Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

**GOBBI. A., GROENWOLD, J. A., MEDEIROS, M. H. F.** *Cinza de bagaço de cana-de-açúcar: Contribuição para a sustentabilidade dos materiais de reparo.* VI Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas - CINPAR, 2010. 15 p.

**LAKATOS, E. M. de A.; MARCONI, M. de A.** *Fundamentos da metodologia científica.* São Paulo: Atlas, 2003.

**LIMA, S. A. et al.** *Concretos com cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão.* Ambient. constr. (Online), Porto Alegre, v. 11, n. 2, June 2011. Available

from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S167886212011000200014&lng=e&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S167886212011000200014&lng=e&nrm=iso)>. Acesso em: 18 ago 2016.

**LOPES, B.C.S. et al.** *Análise da viabilidade da utilização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar como substituição parcial do cimento Portland.* REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, [S.l.], v. 9, n. 3, nov. 2014

**MARTINS, R.** *Energia produzida a partir do bagaço da cana é economicamente viável.* Agência USP- 2009. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=energia-produzida-partir-bagaco-cana-economicamente-viavel&id>>. Acesso em: 17 ago 2016.

**MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M.** *Concreto: estrutura, propriedades e materiais.* 1ª. ed. São Paulo: PINI, 1994. 573 p.

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA.** 2016. *Cana-de-açúcar.* Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>>. Acesso em: 25 ago 2016.

**NEVILLE, A. M.** *Propriedades do Concreto.* Tradução: Salvador E. Giammusso. 2 ed. São Paulo: PINI, 1997. 787 p.

**PAULA, M.O. et al.** *Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland.* Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 353-357, 2009 .

**PAULA, M. O. et al.** *Avaliação da atividade pozolânica da cinza do bagaço de cana-de-açúcar.* Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.17, n.1, 15-20 Jan./Fev., 2009.

**SECIL.** *Processo de Fabrico de Cimento.* Disponível em: <<http://www.secil.pt/pdf/Processo%20de%20Fabrico%20de%20Cimento.pdf>>. Acesso em: 12 ago 2016. 17 p.

**SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC).** *Consumo Regional 2015.* Disponível em: <<http://www.snic.org.br/numeros/numeros.asp?path=ConsumoRegional2015.gif>> . Acesso em: 24 ago 2016.

\_\_\_\_\_. *Consumo Regional 2014.* Disponível em: <<http://www.snic.org.br/numeros/numeros.asp?path=ConsumoRegional2014.gif>>. Acesso em: 24 ago 2016.

\_\_\_\_\_. *Venda de Cimento – resultados preliminares de Junho 2016.* Disponível em: <<http://www.snic.org.br/pdfresultado/Resultados%20Preliminares%20Junho%202016.pdf>>. Acesso em: 24 ago 2016.

\_\_\_\_\_. *Etapas de produção.* Disponível em: <<http://www.snic.org.br/25set1024/abre.asp?pagina=etapas>>. Acesso em: 14 ago 2016.

**SOUTO, J. M. F.** *Avaliação de desempenho da cinza do bagaço de cana-de-açúcar na produção de concreto.* Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Maringá. 2010. 105 f. Disponível em: < <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp147253.pdf>>. Acesso em: 25 ago 2016.

**SPITALE, F.; POGGIALI, J.** *Desempenho de microconcretos fabricados com Cimento portland com adições de cinza de bagaço de Cana-de-açúcar.* 2010. Escola de Engenharia da UFMG. Dissertação. Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/ISMS8H2JJC/10\\_01\\_11\\_disserta\\_\\_o\\_fl\\_vi\\_a\\_corrigida.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/ISMS8H2JJC/10_01_11_disserta__o_fl_vi_a_corrigida.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 18 ago 2016.

**TOMAIN, L. R.; FREITAS, M. R.; MEDEIROS, R. F.; ALMEIDA, J. R.** *"Viabilidade da Utilização da Cinza do Bagaço da Cana-de-Açúcar na Produção de Concreto"*. p. 31-32 . In: Anais do 8º Encontro de Tecnologia: Empreendedorismo, Inovação e Sustentabilidade. Blucher Engineering Proceedings, v.1, n.3. São Paulo: Blucher, 2015.

**UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA).** *Bagaço de cana pode ganhar valor substituindo areia na construção civil.* 04/02/2011. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticias/show.asp?nwsCode=%7B4E794FD3-7EC2-403C-A66D-325016046000%7D>>. Acesso em: 14 ago 2016.

**ZARDO, A. M.; BEZERRA, E. M.; MARTELLO, L. S.** *Utilização da cinza de bagaço cana-de-açúcar como "filler" em compostos de fibrocimento.* I Conferência Latino-americana de Construção Sustentável X Encontro



**VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
*Ponta Grossa, PR, Brasil, 30 de Novembro a 02 de Dezembro de 2016*

Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. 18-21 julho 2004, São Paulo. ISBN 85-89478-08-4.  
Disponível em: <[http://www.usp.br/constrambi/producao\\_arquivos/utilizacao\\_da\\_cinza\\_de\\_bagaco.pdf](http://www.usp.br/constrambi/producao_arquivos/utilizacao_da_cinza_de_bagaco.pdf)>.  
Acesso em 22 ago 2016.