



## Concreto com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar com granulometria específica

Lucas Samuel Alves<sup>1</sup> Sergio Tunis Martins Filho<sup>2</sup>

23 novembro 2017

**Resumo** – A expressiva produção sucroalcooleira no Brasil desponta grande geração de resíduos, produzindo uma considerável quantidade de cinzas provenientes da queima do bagaço de cana-de-açúcar utilizado na cogeração de energia elétrica nas usinas. A construção civil percorre um caminho onde a sustentabilidade é constantemente deixada em segundo plano, e os processos produtivos são agressivos ao meio ambiente, realizados em grande escala, com utilização massiva de recursos não renováveis, e está em constante crescimento. Este cenário apresenta oportunidades para alternativas sustentáveis buscando promover opções de reaproveitamento e redução de resíduos, em busca de um produto final competitivo e menos ofensivo ao meio que vivemos. Visando essas oportunidades, o presente trabalho busca incluir a cinza pesada do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como substituto parcial do agregado miúdo na produção de concreto estrutural. A análise foi conduzida avaliando a inclusão de CBC com granulometria passante na peneira 0,30 mm, em porcentagens de 30, 40 e 50%, comparando os resultados com um traço padrão convencional. Os traços foram avaliados quanto a consistência, resistências à compressão e tração, e absorção por imersão e por capilaridade. Os resultados obtidos apontam para a viabilidade da utilização da cinza, visto que os traços confeccionados com substituição apresentaram propriedades similares ou superiores ao traço de referência, se mostrando a altura de diversas aplicações no campo da construção civil.

**Palavras-chave:** Concreto. Cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC). Agregado miúdo.

### 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Gartner (2004), o concreto de cimento Portland é o material mais utilizado pelo ser humano na terra, perdendo apenas para água. Em 2012, o Brasil alcançou a quinta posição no ranking da produção mundial de cimento Portland, que atingiu 3,8 bilhões de toneladas, com a qual o Brasil contribuiu com 68,8 milhões (SNIC, 2012). A maleabilidade, baixo custo de aplicação, e alta

resistência mecânica tornou o concreto um dos materiais mais comuns na engenharia. Em complemento a essa análise, a indústria de cimento Portland contribui com mais de 7% do CO<sub>2</sub> produzido no planeta (MALHOTRA, 2002), onde para cada tonelada de cimento Portland produzido, cerca de uma tonelada de CO<sub>2</sub> é emitida na atmosfera (METHA, 2002). Tais fatos demonstram a necessidade de incorporar os conceitos sustentáveis

<sup>1</sup> lucasalves02@gmail.com, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Maringá, Paraná, Brasil.

<sup>2</sup> sergiotunis@utfpr.edu.br, Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Apucarana, Apucarana, Paraná, Brasil.



nos produtos da construção civil, dotada de uma filosofia altamente esbanjadora. Atualmente, o Brasil se posiciona como o maior produtor mundial de açúcar e álcool, e nesse processo industrial, durante a extração do caldo de cana-de-açúcar, aproximadamente 30% da cana se transforma em bagaço, biomassa de suma importância como fonte energética, onde 95% destes são utilizados para queima em caldeiras, ao redor do país, para geração de eletricidade, produzindo como resíduo final a cinza do bagaço de cana-de-açúcar (DE PAULA et al., 2009). Do total de bagaço queimado, cerca de 10% se transforma em cinza (DE PAULA, 2006), como resíduo final do ciclo produtivo nas usinas sucroalcooleiras.

Pesquisas atuais apontam que a cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) apresenta propriedades reativas e pozolânicas, o que imediatamente despontou diversos estudos considerando a substituição do cimento Portland em matrizes cimentícias por porcentagens de CBC. Em contrapartida, de acordo com Lima et al. (2011), a homogeneidade na produção de cinzas não pode ser exigida do processo industrial, que raramente possui controle operacional da temperatura na combustão e no resfriamento das cinzas, onde esses procedimentos acabam por produzir cinzas sem reatividade hidráulica. Assim, a cinza proveniente da queima do bagaço pode ser considerada um material pozolânico ou um material inerte, classificando-a como cinza leve e cinza pesada, respectivamente, levando em conta sua capacidade reativa (MARTINS FILHO, 2015).

A produção de concretos especiais, em análise neste trabalho, caminha lado a lado com os conceitos de empacotamento de partículas. O interesse por tal assunto aumentou nos últimos anos nas diferentes áreas da engenharia, tal interesse é justificado pelo fato de grande parte dos materiais serem partículas de diferentes formas e tamanhos. A trabalhabilidade inicial do concreto depende de vários aspectos, sendo um essencial as características físicas dos agregados. Assim, a distribuição granulométrica adequada é de fundamental importância, pois promove o

empacotamento, e juntamente com a pasta cimentícia define as propriedades reológicas do material durante o processo de mistura e quando no estado fresco (CASTRO; PANDOLFELLI, 2009), além de melhorar a resistência à compressão e durabilidade.

Neste contexto, foi estabelecida a Política Nacional de Resíduos Sólidos, pela Lei N° 12305: 2010 (BRASIL, 2010), que considera qualquer cidadão, físico ou jurídico, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada, ou gerenciamento de resíduos sólidos.

O presente trabalho pretende proporcionar práticas sustentáveis em conjunto com o desenvolvimento tecnológico de matérias de construção, que além de promover reuso e reciclagem de um resíduo abundante, pode melhorar o desempenho de concreto de cimento Portland.

Vale destacar que a pesquisa se estende em verificar o desempenho do concreto com inserção de CBC para uma determinada granulometria, visto que, de acordo com vários autores, a cinza pesada é uma adição mineral com benefícios evidentes (MARTINS FILHO, 2015; HOJO, 2014; ALTOÉ, 2012; AZEVEDO, 2002; MARTINS; MACHADO, 2010; SALES; LIMA, 2010; SOUZA et al., 2007; CORDEIRO, 2006).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para fabricação dos corpos de prova foram utilizados Cimento Portland tipo CP II-Z-32, areia natural quartzosa, agregado graúdo de origem basáltica, e para substituição parcial do agregado miúdo, a cinza pesada do bagaço de cana-de-açúcar. A CBC foi coletada em uma Usina na região de Maringá/PR. Posteriormente ao armazenamento, a mesma foi disposta em bandejas e exposta ao sol para secagem, onde uma vez completamente seca, foi peneirada de forma a separar-se a fração fina do material, composta pelo passante na peneira de abertura 0,30 mm.

Os agregados foram caracterizados quanto a



granulometria e módulo de finura, massa específica real, massa unitária e volume de vazios. A granulometria destes agregados foi determinada de pelo ensaio de peneiramento, conforme ABNT NBR NM 248:2003, já a massa específica real dos agregados miúdos foi definida através do ensaio do picnômetro, e dos agregados graúdos do ensaio da balança hidrostática, seguindo as normas ABNT NBR NM 52:2009 e ABNT NBR NM 53:2009 respectivamente. A massa unitária e os espaços vazios seguiram recomendação da ABNT NBR NM 45:2009, e foram determinadas inclusive para as misturas de areia e cinza, nas percentagens analisadas. Quanto a dosagem do concreto, tomou-se como referência o seguinte traço, em massa: 1:2,060:2,940 e a/c de 0,55 (NUNES, 2009), o qual foi utilizado para confecção do traço padrão, e das respectivas substituições. Partindo então da referência citada, calculou-se o consumo de materiais para cada traço.

Tabela 1 – Materiais necessários para produção de cada traço

Traço	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	CBC Pesada (Kg)	Água (l)
Traço Padrão	12,00	24,720	35,300	-	6,6
Traço 30%	12,00	17,304	35,300	7,416	6,6
Traço 40%	12,00	14,832	35,300	9,888	6,6
Traço 50%	12,00	12,360	35,300	12,360	6,6
Total	48,00	69,22	141,20	29,66	26,40

Como se trata de um estudo comparativo, procurou-se respeitar a mesma ordem de adição dos materiais na betoneira, bem como mesmo tempo de mistura para todos os quatro traços.

Quantificou-se os corpos de prova que seriam necessários para realização dos ensaios de caracterização, sendo 3 para resistência à compressão com 7 dias de cura, 3 para resistência à compressão com 28 dias de cura, 3 para resistência à tração com 28 dias de cura, 3 para absorção por imersão, e 3 para absorção por capilaridade, totalizando 15 corpos de prova para cada traço. A resistência à compressão

foi determinada através do rompimento de corpos de prova cilíndricos, segundo ABNT NBR 5739:2007, já a resistência a tração foi definida conforme ABNT NBR 7222:2011. Os ensaios para determinação da absorção de água por imersão e índice de vazios, e absorção de água por capilaridade foram realizados segundo recomendação das normas ABNT NBR 9778:2009 e ABNT NBR 9779:2012, respectivamente. Os ensaios citados têm como finalidade a caracterização do concreto endurecido. Para caracterização do concreto fresco foi determinada sua consistência através do ensaio de abatimento do tronco de cone (*slump test*), conforme ABNT NBR NM 47:1998.

Uma vez caracterizados todos os agregados, e realizados os ensaios para o concreto fresco e endurecido, conduziu-se um estudo comparativo, tendo como referência o traço padrão, para avaliação do desempenho das substituições nas propriedades verificadas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Caracterização dos agregados

Realizados os ensaios de peneiramento, segundo as recomendações das normas, plotaram-se as curvas granulométricas dos agregados.

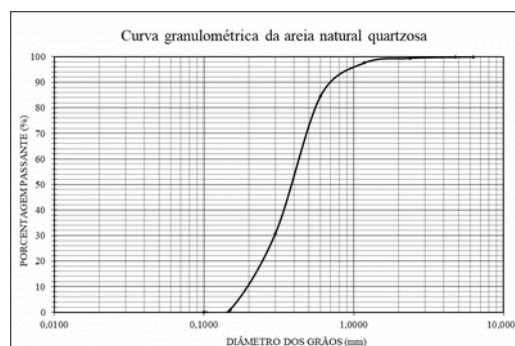


Figura 1 – Curva granulométrica da areia natural quartzosa

Plotadas as curvas, os agregados foram classificados conforme ABNT NBR 6502:1995, com base nas porcentagens retidas. A areia e a cinza pesada do bagaço de cana-de-açúcar foram ambas classificadas como areia média, sendo de características granulométricas semelhantes, o que sustenta a



premissa da substituição.



Figura 2 – Curva granulométrica da brita de basalto

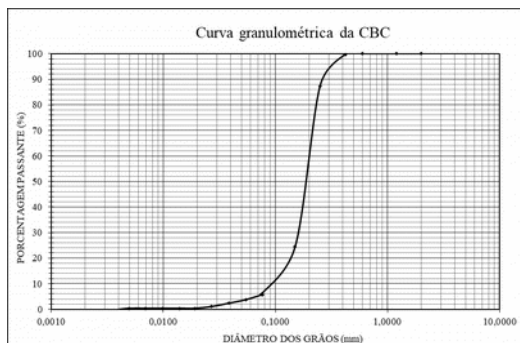


Figura 3 – Curva granulométrica da CBC

Quanto as massas específicas dos agregados miúdos, as quais foram determinadas através do ensaio do picnômetro, obteve-se uma massa específica real de 2,721 g/cm<sup>3</sup> para a areia natural quartzosa, e de 2,695 g/cm<sup>3</sup> para a CBC. Tal similaridade nos resultados é outro fato sustentante à premissa da substituição, visto que a CBC é predominantemente composta de sílica, assim como a areia. Já para o agregado graúdo, do método da balança hidrostática aferiu-se um valor de 2,838 g/cm<sup>3</sup>, e 2,103% de absorção de água.

Tabela 2 – Resultados de massa unitária e volume de vazios para os agregados e misturas de areia + CBC

	Massa unitária (g/cm <sup>3</sup> )	Volume de vazios (%)
Areia	1,512	44,42
Brita	1,727	39,14
Mistura 30%	1,588	41,47
Mistura 40%	1,593	41,25
Mistura 50%	1,606	40,70

No que se refere as massas unitárias dos agregados,

bem como das misturas, obteve-se os resultados dispostos em tabela.

Quando abordadas as misturas, o ensaio foi realizado para as respectivas misturas de 30, 40 e 50% de CBC em massa, sendo o complemento feito com areia. Tendo em análise os resultados obtidos para tais misturas, pode-se verificar certa tendência nos mesmos, sendo que proporcionalmente a adição de cinza, a massa unitária da mistura aumenta, e o volume de vazios diminui, ou seja, há um maior empacotamento de partículas, maior massa, e menos vazios no mesmo volume.



Figura 4 – Dispersão comparativa para as misturas de 30, 40 e 50%

### 3.2. Caracterização do concreto fresco

Tendo em pauta a análise da consistência e trabalhabilidade, os resultados de slump test foram dispostos em tabela.

Tabela 3 – Valores de abatimento para cada traço

Traço	Slump test (cm)
Traço Padrão	8,00
Traço 30%	5,00
Traço 40%	5,00
Traço 50%	2,00

Percebe-se que a trabalhabilidade do concreto diminui, conforme se acrescenta a CBC. Este comportamento se justifica pelo fato de que a CBC visivelmente absorve mais água, devido ao teor de carbono presente no material, que é extremamente fino, o que torna o concreto mais seco. Como se trata de um estudo comparativo, manteve-se a proporção água/cimento mesmo tendo menor trabalhabilidade, somente então atentou-se para uma confecção mais



cuidadosa dos corpos de prova.

### 3.3. Caracterização do concreto endurecido

A figura 5 destaca o concreto confeccionado e observa-se sua coloração que fica mais escura à medida que se adiciona mais cinza, da esquerda para direita.



Figura 5 – Corpos de prova de concreto

Rompidos os corpos de prova destinados a determinação da resistência a compressão, obteve-se os resultados tabelados.

Tabela 4 – Valores de resistência a compressão com 7 dias de cura

Traço	FC <sub>k7</sub> (MPa)			Desvio Padrão (MPa)	Média (MPa)
	1	2	3		
Traço Padrão	22,55	24,09	22,10	1,04	22,91
Traço 30%	24,04	23,40	24,70	0,65	24,05
Traço 40%	24,99	24,51	24,53	0,27	24,68
Traço 50%	21,83	19,09	17,33	2,27	19,42

Tabela 5 – Valores de resistência a compressão com 28 dias de cura

Traço	FC <sub>k28</sub> (MPa)			Desvio Padrão (Mpa)	Média (Mpa)
	1	2	3		
Traço Padrão	29,34	29,18	29,93	0,39	29,48
Traço 30%	28,73	30,89	31,35	1,40	30,32
Traço 40%	29,96	30,34	29,38	0,48	29,89
Traço 50%	28,31	25,74	27,94	1,39	27,33

Analisando os resultados obtidos, verifica-se que para 7 dias de cura, o concreto confeccionado com 30% de substituição da areia por CBC, apresenta um aumento na resistência à compressão com referência ao traço

padrão. Considerando 40% de substituição, o desempenho foi o mesmo que o traço anterior.

Em contrapartida, analisando o traço com 50% de substituição, o concreto apresenta resistência inferior aos outros traços analisados, mesmo considerando o desvio padrão.

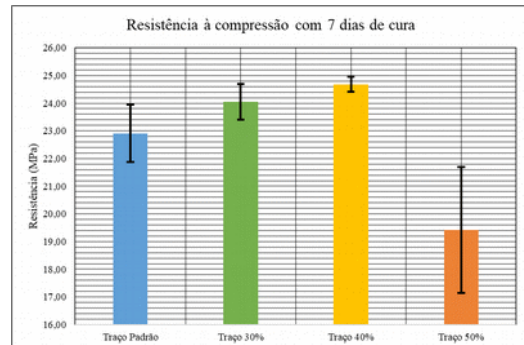


Figura 6 – Comportamento da resistência a compressão com 7 dias de cura, bem como respectivos desvios padrão

Quando com 28 dias de cura, verifica-se comportamento semelhante ao observado a 7 dias. O traço confeccionado com 30% de substituição apresenta aumento na resistência, quando comparado ao traço padrão, o traço com 40% de substituição mantém a mesma resistência em relação aos traços padrão e 30%, considerando os respectivos desvios padrão.

Porém, o traço que apresenta 50% de substituição, continua com resistência inferior aos demais.

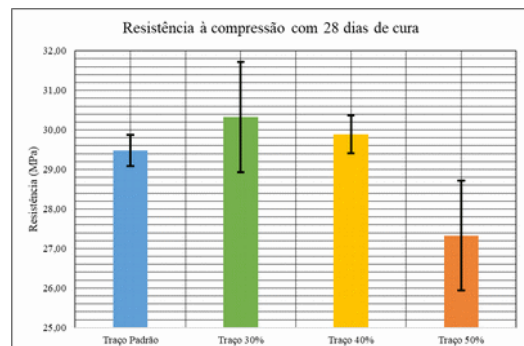


Figura 7 – Comportamento da resistência a compressão com 28 dias de cura, bem como respectivos desvios padrão

Vale destacar que são inúmeras as variáveis que podem interferir nos resultados obtidos. Como o concreto do traço 50% obteve consistência mais seca, com menor slump test, pode-se inferir que qualquer deficiência na confecção dos corpos de prova interfere



nos valores finais, dificultando a moldagem destes. Além disso, a maior inserção de CBC, material mais poroso e com fragmentos de matéria orgânica, demanda mais água de amassamento para manter a mesma trabalhabilidade de traços sem adição. Com isso, a maior necessidade de absorção pode comprometer a quantidade de água necessária para hidratar o cimento e endurecer o concreto, comprometendo parcialmente a resistência da mistura. Ainda assim, é válido afirmar que a substituição da areia pela CBC, nas percentagens de 30 e 40% tende a garantir maior resistência à compressão, sem comprometer o traço padrão.

Assim como na resistência à compressão, foi determinada a resistência à tração, e os valores dispostos em tabela.

Tabela 6 – Valores de resistência a tração com 28 dias de cura

Traço	FT <sub>k28</sub> (MPa)			Desvio Padrão (Mpa)	Média (Mpa)
	1	2	3		
Traço Padrão	2,58	2,65	2,55	0,05	2,60
Traço 30%	2,76	2,70	3,14	0,24	2,87
Traço 40%	2,73	2,92	3,17	0,22	2,94
Traço 50%	2,90	2,81	2,18	0,39	2,63

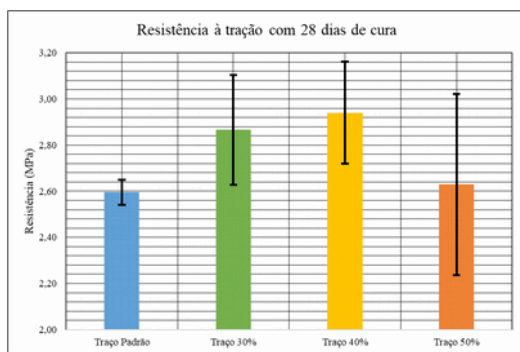


Figura 8 – Comportamento da resistência a tração com 28 dias de cura, bem como respectivos desvios padrão

Interpretando os valores obtidos, observa-se comportamento semelhante aos resultados obtidos para resistência à compressão, tendo os traços de 30 e 40% com maior média de resistência à tração,

enquanto o traço confeccionado com 50% de substituição resultou em uma resistência inferior aos demais.

Mesmo considerando os desvios padrão, pode-se afirmar que mesmo apresentando valor médio inferior aos demais, o traço com 50% de substituição demonstra resultado satisfatório quando comparado ao traço padrão.

Quanto a absorção de água por imersão, índice de vazios e absorção de água por capilaridade, cujos resultados seguem.

Tabela 7 – Valores de absorção de água por imersão

Ensaio	Absorção (%)			Média
	1	2	3	
Traço Padrão	6,93	7,08	7,02	7,01
Traço 30%	6,94	5,32	5,96	6,07
Traço 40%	6,48	6,39	5,15	6,01
Traço 50%	5,02	5,10	4,72	4,95

Tabela 8 – Valores de índice de vazios

Ensaio	Índice de vazios (%)			Média
	1	2	3	
Traço Padrão	15,85	16,20	15,80	15,95
Traço 30%	15,82	12,24	13,80	13,95
Traço 40%	14,82	14,38	11,86	13,69
Traço 50%	11,57	11,75	10,79	11,37

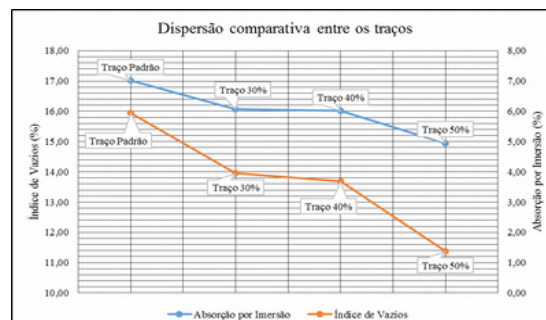


Figura 9 – Valores médios de absorção por imersão e índice de vazios para cada traço

Analisando os valores obtidos, observa-se uma



diminuição gradativa na absorção, bem como no índice de vazios, conforme aumenta-se a adição de cinza no concreto.

Tabela 9 – Valores de absorção de água por capilaridade

Ensaio	Absorção (g/cm <sup>2</sup> )			Média
	1	2	3	
Traço Padrão	0,60	0,48	0,67	0,58
Traço 30%	0,62	0,59	0,49	0,57
Traço 40%	0,52	0,57	0,28	0,46
Traço 50%	0,20	0,18	0,18	0,19
Área Seção Transversal (cm <sup>2</sup> ):				78,50

Tal comportamento indica que a adição de cinza no concreto, na granulometria estudada no presente trabalho, promove menor índice de vazios, ou seja, melhor empacotamento de partículas no conjunto, tendo um arranjo mais compacto das mesmas, como verificado na determinação da massa unitária da mistura (figura 4), que aumentou conforme foi adicionada CBC.



Figura 10 – Valores médios de absorção de água por imersão para cada traço

Observando os valores da tabela 9, verifica-se comportamento semelhante a absorção por imersão, demonstrando diminuição gradativa conforme se adiciona a cinza no concreto, como pode ser

## REFERÊNCIAS

ALTOÉ, Sílvia Sossai. **Estudo da potencialidade da utilização de cinza de bagaço de cana-de-açúcar e resíduos de pneus inservíveis na confecção blocos de concreto para pavimentação**. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – UEM. Maringá. 2012.

visualizado na figura 8. O comportamento semelhante pode ser justificado com base nos mesmos princípios citados anteriormente, onde a inserção de partículas de granulometria conhecida promoveu um arranjo mais compacto das mesmas, diminuindo os vazios capilares do conjunto, conseqüentemente, diminuindo os vazios que poderiam ser preenchidos por água.

## 4. CONCLUSÃO

Os traços estudados apresentaram resultados de resistência característica à compressão satisfatórios para a maioria dos usos na construção civil, o que combinado com os resultados positivos para absorção por imersão e capilaridade, e resistência característica à tração, infere que a substituição parcial da areia, pela CBC, nas porcentagens de 30 e 40% são válidas para o uso em concreto convencional, e demonstraram melhorias em relação ao traço de referência. Em particular, a substituição de 50% da areia, mesmo apresentando resultados inferiores ao traço de referência, mantém os resultados satisfatórios para o uso na construção civil.

Destaca-se que os usos mais comuns na construção civil, um concreto com resistência característica de 25 MPa pode ser usado para concretagem de pilares, lajes e baldrame, e com 20 MPa, para concretagem de contrapiso, calçadas, lajes e pequenas estruturas ou residências (PORTAL DO CONCRETO, 2016).

Vale salientar, que no quesito trabalhabilidade há algumas limitações, pois com o aumento do teor de CBC, se tem menor slump, podendo comprometer o lançamento do concreto em estruturas armadas.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual de Maringá e Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2009.



- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR NM 53**: Agregado graúdo – Determinação de massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR 6457**: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 1995.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR 7222**: Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR 8953**: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR 6502**: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995.
- ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR 7181**: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.
- AZEVEDO, Aires Fernando Fernandes Leite Camões de. **Betões de Elevado Desempenho com Incorporação de Cinzas Volantes**. Tese (Doutorado). Minho-Portugal, 2002. Universidade do Minho.
- BRASIL. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)> Acesso em: 22/06/2016.
- CASTRO, A. L.; PANDOLFELLI V. C. “Revisão: Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para produção de concretos especiais aplicados na construção civil”, **Cerâmica**, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. v. 55, 2009., p. 18–32.
- CORDEIRO, Guilherme Chagas. **Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- DE PAULA, Marcos Oliveira. **Potencial da cinza do bagaço de cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland**. 77 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- DE PAULA, Marcos Oliveira; TINÔCO, Ilda. F. F.; RODRIGUES, Conrado S.; DA SILVA, Elizabeth. N.; SOUZA, Cecília F. Potencial da cinza do bagaço de 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.
- GARTNER, E. M. “Industrially interesting approaches to ‘low-CO2’ cements”. **Cement and Concrete Research**, v. 34, n. 9, 2004. p. 1489–1498.
- HOJO, Liri Yoko Cruz Prieto. **Análise da atividade pozolânica da cinza volante do bagaço de cana-de-açúcar para substituição parcial do cimento Portland**. Tese de Mestrado/Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.
- LIMA, Sofia Araújo; SALES, Almir; MORETTI, J. P.; ALMEIDA, F. C. R.; SANTOS, T. J. dos. Caracterização de concretos confeccionados com a cinza do bagaço de cana-de-açúcar. 6. **Congresso Nacional Sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas**. Córdoba, Argentina, 2, 3 e 4 de Junho, 2010.
- LIMA, Sofia Araújo; SALES, Almir; ALMEIDA, Fernando Couto Rosa; MORETTI, Juliana Petermann; PORTELLA, Kleber Franke. Concretos com cinza do bagaço de cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 201–212, 2011.





LIMA, Caio Ivson Vasconcelos; COUTINHO, Carlos Otávio Dantas; AZEVEDO, Gabriel Gama Carnaúba; BARROS, Tarsys Yuri Gomes; TAUBER, Thiago Campos; LIMA, Sandovânio Ferreira. Concreto e suas inovações. **Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas**, Maceió, v. 1, n. 1, p. 31–40, maio 2014.

MALHOTRA, V. M., 2002, "Introduction: sustainable development and concrete technology", **Concrete International**, v. 24, n. 7, p. 22.

MARTINS, Carlos Humberto; MACHADO, Pedro Henrique Toledo. Estudo da utilização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar em argamassas em concretos. In: ECMEC 2010 – Encontro Nacional de Materiais de Estruturas Compostas, 2010, Porto. **Anais...** Editora da Universidade do Porto, 2010. 1 CD-ROM

MARTINS FILHO, Sergio Tunis. **Utilização da cinza leve e pesada do bagaço de cana-de-açúcar como aditivo mineral na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.

MEHTA, Povindar Kumar, "Greening of the concrete industry for sustainable development", **Concrete International**, v. 24, n. 7, 2002, p. 23–28.

MEHTA, Povindar Kumar.; MONTEIRO, Paulo. J. M. **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Ibracon, 2008, 674 p.

PORTAL DO CONCRETO. **Concreto**. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/concretos.html>>. Acesso em 30 de janeiro de 2017 às 20:15h.

SALES, Almir; LIMA, Sofia Araújo. Use of Brazilian sugarcane bagasse ash in concrete as sand replacement, **Waste Management**, v.30, 2010. p. 1114–1122.

SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. **Relatório anual 2013**. Disponível em: <[http://www.snic.org.br/relatorio\\_anual\\_dinamico.asp](http://www.snic.org.br/relatorio_anual_dinamico.asp)> Acesso: 16/11/2016.

SOUZA, Guilherme N.; FORMAGINI, S.; CUSTÓDIO, F.O.; SILVEIRA, M.M. Desenvolvimento de argamassas com substituição parcial do cimento Portland por cinzas residuais do bagaço de cana-de-açúcar (Development of mortar with Portland cement replacement by residual sugarcane bagasse ashes). 49. Congresso Brasileiro do Concreto (Brazilian Congress Concrete). **Proceedings...**, São Paulo: IBRACON, 2007.



## Concrete with the addition from sugarcane bagasse ash with specific granulometry

Lucas Samuel Alves<sup>3</sup> Sergio Tunis Martins Filho<sup>4</sup>

23 novembro 2017

**Abstract** – The expressive sugar and alcohol production in our country rises a big residue generation, producing, specifically, a considerable amount of ashes from the burning of sugarcane bagasse used at the co-generation of electric power at the power plants. In parallel, the construction takes a pathway where sustainability is constantly left behind, and the productive processes are aggressive to the environment, performed at a big scale, with massive utilization of natural resources, and in a constant growth. This scenario presents opportunities to sustainable alternatives seeking to promote reuse options and residue generation reduction, in search of a competitive final product, and less offensive to the environment we live in. Aiming this opportunities, the present paper seeks to include the heavy ash from sugarcane bagasse as a partial replacement to the fine aggregate on the production of structural concrete. This analysis where conducted evaluating the inclusion of sugarcane bagasse ash with granulometry passing the 0,30 mm sieve, into 30, 40 and 50% percentages, matching the results with a standard conventional recipe. The recipes where evaluated regarding the consistence, compression and traction resistances, and the water absorption by immersion and capillarity. The achieved results point to the viability of sugarcane bagasse ash utilization, since the recipes made with the replacement presented themselves with similar or superior properties than the reference recipe, showing themselves fit to many applications into the construction field.

**Keywords:** Concrete. Sugarcane bagasse ash. Fine aggregate.

**Correspondência:**

Lucas Samuel Alves

Av. Colombo, 5790 JD, Maringá, Paraná, Brasil. CEP 87020-900

Recebido: 12/09/2017

Aprovado: 23/11/2017

**Como citar:** ALVES, Lucas Samuel; MARTINS FILHO, Sergio Tunis. Concreto com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar com granulometria específica. *Syn. scy. UTFPR*, Pato Branco, v. 12, n. 1, p. 237–246. 2017. ISSN 2316-4689 (Eletrônico). Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/synscy>>. Acesso em: DD mmm. AAAA.

DOI: "registro apenas quando a revista for depositada no portal do PERI"



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

<sup>3</sup> lucasalves02@gmail.com, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Maringá, Paraná, Brasil.

<sup>4</sup> sergiotunis@utfpr.edu.br, Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Apucarana, Apucarana, Paraná, Brasil.