



# ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,  
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

## **COMPÓSITOS OBTIDOS A PARTIR DA INCORPORAÇÃO DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO EM LAJOTAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO**

Hingrid Freire Marques<sup>1</sup>; Juliane Palmas de Souza<sup>2</sup>; Antônio Aparecido Zanfolim<sup>3</sup>  
Aguinaldo Lenine Alves<sup>4</sup>;

<sup>1</sup>Bolsista PIBIC/UEMS/FUNDECT. <sup>2</sup>Bolsista PIBIC/UEMS/FUNDECT. <sup>3</sup> Orientador, Docente do Núcleo de Ciências Exatas e da Terra (NCET/UEMS), pesquisador do FUNDECT.

<sup>4</sup> Co-orientador, Docente do Núcleo de Ciências Exatas e da Terra (NCET/UEMS), pesquisador do FUNDECT.

### **RESUMO**

A região de Dourados reaparece no cenário político estadual como pólo em desenvolvimento no setor sucroalcooleiro com a adoção de políticas de incentivos para a instalação de agroindústrias pelo Governo do Estado. Atualmente existem 24 usinas em plena produção e com previsão que este número aumente para 32 unidades até o final de 2014. Atualmente o Mato Grosso do Sul, apresenta uma área de plantio de cana de açúcar de aproximadamente 626,5 mil ha com capacidade de moagem de 44,1 milhões de toneladas por ano. Diante deste cenário, a geração de resíduos agroindustriais se torna um problema ambiental. No processo de produção é gerado como resíduo o bagaço da cana de açúcar, que é utilizado para a co-geração de energia por meio de sua queima em caldeiras e no final deste processo sobram as cinzas residuais do bagaço. Dentro deste contexto, este projeto de pesquisa tem como objetivos reaproveitar a cinza do bagaço de cana, através da sua incorporação em lajotas de cimento para pavimentação por meio de comparações entre amostras, estudando a influência da cinza nas propriedades mecânicas do produto final e a caracterização das propriedades mecânicas das lajotas de cimento produzidas com e sem a adição da cinza do bagaço de cana. A caracterização das lajotas de cimento deu-se por resistência a compressão, massa específica aparente, absorção de água e porosidade aparente e os resultados mostraram que devido à baixa resistência, a maior absorção de água e porosidade dos corpos de prova confeccionados acima de 25% de cinza do bagaço de

cana, em substituição ao agregado miúdo, quando comparados com os corpos sem cinza, sugere-se a confecção de lajotas de concreto para a pavimentação somente na composição abaixo de 25%.

**Palavras-Chave:** Lajotas de concreto para pavimentação, cinza de bagaço de cana, resistência mecânica.

## INTRODUÇÃO

O setor energético no Brasil vem sofrendo diversas mudanças, como a tentativa de se retomar projetos que levem em conta o meio ambiente e o mercado de trabalho. Tendo-se como referência a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, o governo brasileiro tem demonstrado interesse em manter e reativar o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), dado que o álcool combustível exerce um importante papel na estratégia energética para um desenvolvimento sustentável. Passados 31 anos da criação do Proálcool, o álcool de cana-de-açúcar está em pauta novamente, pois também atende a atual necessidade de reduzir as emissões de gases poluentes, previstas no Protocolo de Quioto. Desprezado durante anos, o álcool combustível ganhou status de "ouro branco". Ao lado do açúcar, transformou-se numa das maiores apostas econômicas do País e tem atraído investimentos de peso, provocando uma revolução no setor sucroalcooleiro. O álcool é um combustível renovável que apresenta vantagens em relação à gasolina, como por exemplo, a redução de gases de efeito estufa; a oferta de eletricidade por co-geração a partir do bagaço da cana, além de atenuar os impactos decorrentes do aumento da geração termelétrica.

O álcool tem sido empregado como combustível no Brasil, desde as primeiras décadas do século XX. Entretanto, com a criação do PROÁLCOOL em 1975 ocorreu a ampliação do seu uso, sendo o mesmo adicionado à gasolina. Esta iniciativa foi implementada com o intuito de diminuir a dependência nacional das importações de petróleo. A segunda etapa do PROÁLCOOL que ocorreu em 1979 objetivou a produção de álcool como substituto da gasolina. Em 1985, ocorreu o ápice deste novo combustível já que 96% dos automóveis apresentavam motores a álcool. As escalas de produção e moagem da cana cresceram e ganhos significativos em produtividade foram alcançados (*Waack e Neves, 1998*).

Conforme dados apresentados pela Companhia Nacional de Abastecimento (*Conab*) no período de 2012/2013, foram produzidos no Brasil cerca de 588,92 milhões

de toneladas de cana-de-açúcar, já a expectativa de produção da safra 2013-2014 deve chegar a 653,81 milhões de toneladas, com um aumento de 11%, sendo que os principais estados produtores são: São Paulo com 51,82%, Minas Gerais com 8,69%, Paraná com 7,13%, Mato Grosso do Sul com 6,5%, Alagoas com 5,26%, Pernambuco, com 3,63%. Até o começo de 2013, existiam em Mato Grosso do Sul cerca de 24 usinas em operação e a previsão é que até o final de 2013 este número aumente para 27 unidades. Atualmente o Mato Grosso do Sul, apresenta uma área de plantio de cana de açúcar de aproximadamente 626,5 mil ha com capacidade de moagem de 44,1 milhões de toneladas por ano. Produzindo aproximadamente 280 Kg de bagaço por tonelada moída (SILVA et. Al), o total de bagaço será de aproximadamente 12,3 milhões de toneladas ano. Estudos realizados pela *FIESP/CIESP* em 2001 mostram que, cada tonelada são gerados aproximadamente 25 kg de cinza residual, isto representará uma produção de cinza residual de aproximadamente 307 mil toneladas por ano somente no Estado do Mato Grosso do Sul.

Embora o avanço agroindustrial de Mato Grosso do Sul esteja promovendo o aumento da sua capacidade de produção, os riscos ao meio ambiente são inevitáveis. Solos e rios podem ser atingidos por poluentes, como a água alcalina, utilizada na lavagem da cana, anticorrosivos e detergentes aplicados nos equipamentos das instalações. Conforme a *Agência de Informação do Meio Ambiente - ECOINFORME*, a monocultura da cana pode alterar grandes áreas de Cerrado, comprometendo a biodiversidade e desfigurando o entorno do Pantanal, região considerada Patrimônio da Humanidade pela Unesco.

A fabricação de açúcar e álcool compreende as etapas de colheita e transporte da cana até a usina, lavagem e processamento. O processo difere a partir da extração do caldo da cana, que é tratado para produzir açúcar e/ou fermentado para a produção de álcool. Os principais subprodutos da indústria sucroalcooleira são: folhas, água de lavagem, bagaço, torta de filtro, leveduras e vinhaça. A água usada na lavagem da cana antes da moagem pode ser reaproveitada na produção de biogás e na fertirrigação. O bagaço é empregado na produção de energia (vapor/eletricidade), combustível (natural, briquetado, peletizado, enfardado), hidrólise (rações, furfural, lignina), polpa de papel, celulose e aglomerados. As folhas, além das mesmas aplicações do bagaço, podem ser utilizadas como forragem. A vinhaça ou vinhoto é utilizada como fertilizante na adubação dos canaviais. Por fim, a torta de filtro, subproduto do processo de clarificação do caldo na fabricação do açúcar, e a levedura, obtida após a fermentação

do caldo, são também empregadas na adubação. Das utilizações dos subprodutos, merece destaque a geração de energia elétrica através da queima do bagaço. O emprego deste resíduo é atrativo, principalmente, devido aos grandes montantes de cana-de-açúcar processados dentro do setor sucroalcooleiro e ao seu poder calorífico inferior (PCI) médio de 7,74 MJ/kg (1850 kcal/kg), com umidade de 50% (Coelho, 1999). Conforme Cortez *et al*, a quantidade de bagaço produzido depende do teor de fibra da cana processada, apresentando, em média, 46% de fibra e 50% de umidade, resultando, aproximadamente, em 280 quilos de bagaço por tonelada de cana processada. Pela proporção em que é produzido e devido à sua composição, o bagaço constitui-se em um dos mais importantes subprodutos para a indústria sucroalcooleira. As principais aplicações das cinzas do bagaço da cana de açúcar são: combustível para caldeira, produção de celulose e na alimentação de gado confinado. Sua composição em base anidra é de aproximadamente 50% de celulose (C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>), 25% de hemicelulose (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>) e 25% de lignina (C<sub>7</sub>H<sub>10</sub>O<sub>3</sub>) (Pandey *et al.*, 2000). A composição química do bagaço é determinada pelo tipo de cana-de-açúcar, tipos de fertilizantes e herbicidas, além de fatores naturais, como, o clima, o solo e a água. A Tabela 1 apresenta a análise elementar da composição química de algumas amostras de bagaços de cana, onde se observa a variação dos teores de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e cinza. Segundo Rasul *et al.*, a densidade do bagaço seco é de aproximadamente 490 ± 15 kg/m<sup>3</sup>.

TABELA 1 – Composição química elementar de amostras de bagaço de cana-de-açúcar seco.

Elemento	Percentual em massa	
	NASSAR <i>et al.</i>	JENKINS <i>etal.</i>
Carbono (C)	49,44	48,64
Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	6,09	5,87
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	40,57	42,82
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	0,50	0,85
Cinza	3,40	2,44

As características da cinza gerada através da queima do bagaço da cana são influenciadas pelas condições desta queima. Conforme Pellegrini, 2002, apesar de apresentar um elevado teor de umidade que interfere diretamente no rendimento da

combustão e nas características da cinza, o bagaço possui boa combustão. Isto devido ao alto teor de materiais voláteis presentes nestes resíduos (da ordem de 87% em base seca, que representam cerca de 78% do poder calorífico e consomem aproximadamente 74% do ar de combustão). Estudos realizados por *Cordeiro em 2006* mostram que a cinza do bagaço de cana apresenta grande quantidade de dióxido de silício, normalmente acima de 60% (em massa), material possivelmente obtido pela areia (quartzo), oriunda da lavoura e que não foi totalmente removida durante a etapa de lavagem da cana. Apesar de apresentar poucos nutrientes minerais e de ser um material de difícil degradação, uma das aplicações da cinza residual, é a sua utilização como adubo nas próprias lavouras de cana-de-açúcar, (*Manhães, 1999*).

O fato da cinza da cana-de-açúcar apresentar poucas aplicações motivou a busca por novas aplicações que possam agregar maior valor a este subproduto, dentre as quais, o emprego como aditivo mineral em sistemas cimentícios ou até mesmo a substituição do agregado miúdo (areia) em argamassas. Estudos realizados por *Freitas em 1996 e Martins et al em 2009* indicam que corpos de prova conformados através da cinza de cana de açúcar em substituição ao agregado miúdo, normalmente utilizado em argamassas de cimento Portland, alcançaram resistência a compressão maiores que corpos de prova moldados com areia comum.

Considerando os aspectos colocados quanto à estimativa da quantidade de cinza a ser produzida pelas usinas de cana de açúcar, futuramente, no Mato Grosso do Sul, torna-se preocupante o destino destes resíduos. Empregando a reciclagem da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como agregado miúdo na construção de lajotas de concreto para pavimentação, pretende-se diminuir a utilização de areia retirada dos rios que por sua vez causa assoreamento e degrada o ecossistema local.

As lajotas de concreto (pisos) para pavimentos são peças modulares de concreto com diversas formas, espessuras, cores e texturas que dispostas em conjunto, criam grandes áreas de superfície pavimentada de belíssimo efeito estético, denominado piso ou pavimento intertravado. Podem ser ainda utilizados para sinalização e demarcação de entradas, saídas, estacionamentos, calçadas, etc, variam entre 4,5 a 10 centímetros de espessura, pesam frequentemente entre 2,0 e 4,0 Kg a unidade. A resistência à compressão destes pisos é o principal parâmetro de controle de qualidade das lajotas, sendo que esse valor não exerce grande influência no comportamento estrutural dos pavimentos, quando limitada entre 20 e 60 Mpa (*SHACKEL, 1980 apud OLIVEIRA, 2004; p. 12*). Conforme a NBR 9781 (*ABNT, 1987*), a resistência característica

estimada à compressão, calculada de acordo com as prescrições da NBR 9780 (ABNT, 1987), deve ser 35 MPa para solicitações de veículos comerciais de linha ou 50 MPa quando houver tráfego de veículos especiais ou solicitações capazes de produzir acentuados efeitos de abrasão. Dentro deste contexto, este projeto de pesquisa tem como objetivos reaproveitar a cinza do bagaço de cana, através da sua incorporação em lajotas de cimento para pavimentação por meio de comparações entre amostras, estudando a influência da cinza nas propriedades mecânicas do produto final e a caracterização das propriedades mecânicas das lajotas de cimento produzidas com e sem a adição da cinza do bagaço de cana.

## **MATERIAIS E METÓDOS**

### **Classificação do Estudo**

O presente estudo trata-se de uma pesquisa aplicada baseada em experimentos laboratoriais.

### **Coleta preparação dos materiais**

As amostras dos agregados (areia, cinza do bagaço da cana e brita) foram coletadas e armazenadas no Laboratório. O cimento foi adquirido em quantidade suficiente para realização de todos os ensaios e armazenado em embalagens plásticas fechadas de maneira a manter suas propriedades durante toda a pesquisa.

### **Mistura**

Os percentuais de 25%, 50%, 75% e 100% de cinza foram utilizados como parte do agregado miúdo. O agregado graúdo (brita) com o  $D_{máx} \leq 9,5$  mm. Todos os materiais (areia, brita, água e cinza do bagaço da cana) foram pesados em balança de precisão e misturados em argamassadeira especial para este fim.

### **Confecção dos corpos-de-prova (lajotas de concreto)**

Os corpos-de-prova foram moldados em forma prismática de 5X9X19 cm para os ensaios a compressão. Foram confeccionados corpos de prova com o emprego de concentrações de 25%, 50%, 75% e 100% de cinza em massa em substituição da areia. Os moldes foram colocados sobre uma base nivelada, onde não ocorram choques e vibrações e permaneceram no mínimo 48 horas, conforme determina a norma NBR 5738.

### **Cura dos corpos-de-prova**

A cura dos corpos-de-prova foi realizada em atmosfera com 100% de umidade relativa.

### **Ensaio de Resistência à Compressão**

Os corpos-de-prova foram rompidos por compressão nas idades de 28 dias

seguindo as recomendações da NBR-5739/1994, para corpos de prova LC e LA. Nesta etapa foi possível ter conhecimento do material que apresentará maior resistência mecânica.

#### **Absorção de água**

Os ensaios de absorção de água seguiram as recomendações da NBR-9778/1987, submetendo três corpos-de-prova nas condições LC e LA. Foram analisados nas idades com 7,14 e 28 dias. Este estudo torna-se relevante na estimativa da durabilidade de uma estrutura construída com esse material, já que quanto menor a absorção de água, maior sua durabilidade.

#### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na discussão dos resultados de retração linear, massa específica aparente, absorção de água, porosidade aparente, teor de umidade e resistência a compressão foram utilizados três corpos de prova confeccionados com 2,0 kg de areia, 1 kg de pedra brita, 450 ml de água e 1 kg de cimento portland e três corpos de prova confeccionados com os mesmos elementos dos primeiros, mas com 25%, 50%, 75% e 100% de cinza do bagaço de cana em substituição a areia .

#### **Retração linear dos corpos de prova (RL %)**

A Tabela 2 e Figura 1 mostram as retrações lineares dos corpos de prova, antes e depois de acrescentar a cinza do bagaço de cana, com 24 horas em estufa a aproximadamente 110°C.

Para o cálculo das retrações lineares utilizamos a equação 1.

$$RL_S = (C_V - C_S) \cdot 100 \div C_S \quad (1)$$

onde:

$C_V$  é o comprimento do corpo de prova verde;

$C_S$  é o comprimento do corpo de prova seco em estufa a uma temperatura de aproximadamente 110°C.

TABELA 2 – Retrações lineares dos corpos de prova.

	Cura de 7 dias	Cura de 14 dias	Cura de 28 dias
Sem cinza (Padrão)	0,018 ± 0,030	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000
Com 25% de cinza	-0,035 ± 0,030	0,018 ± 0,030	0,000 ± 0,053
Com 50% de cinza	-0,018 ± 0,030	0,035 ± 0,030	0,000 ± 0,000
Com 75% de cinza	-0,035 ± 0,030	0,018 ± 0,030	0,035 ± 0,030
Com 100% de cinza	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000	-0,018 ± 0,030

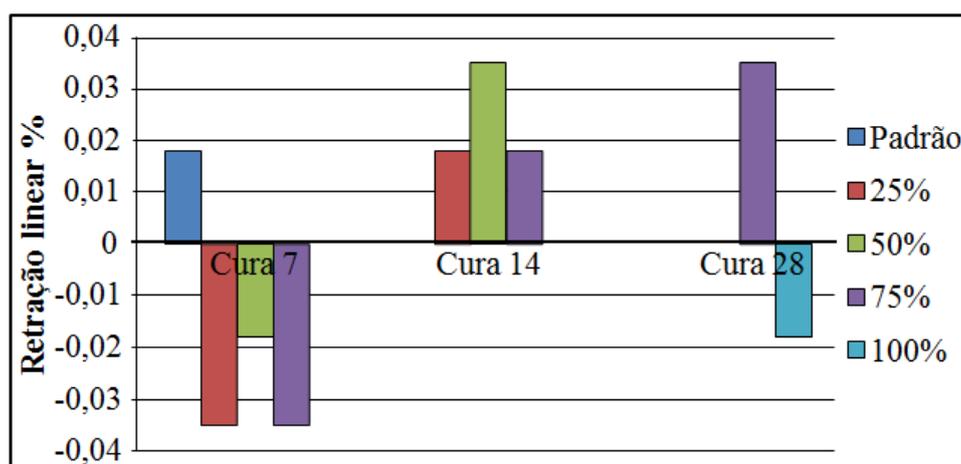


FIGURA 1 – Gráfico em colunas mostrando as retrações lineares dos corpos de prova.

Na Tabela 2 e Figura 1 observamos que os corpos de prova secos em estufa, confeccionados com a introdução de cinza do bagaço de cana tiveram dilatação com 7 dias de cura, retração com 14 dias de cura e com 28 dias de cura retração para substituição 75% de cinza e dilatação para substituição 100% de cinza, porém foram muito pequenas e portanto não dificulta a fabricação de lajotas, pois dilatações e contrações causam deformações e trincas tornando as lajotas mais frágeis (SANTOS, P.S).

### Massa Específica Aparente

A Tabela 3 e Figura 2 mostram as massas específicas aparentes dos corpos de prova, antes e depois de acrescentar a cinza do bagaço de cana, com 24 horas em estufa a aproximadamente 110°C.

Para o cálculo das massas específicas aparentes utilizamos a equação 2.

$$MEA = (m \div V_a) \quad (2)$$

Onde: **m** é a massa da amostra.

**V<sub>a</sub>** é o volume aparente da amostra.

TABELA 3 – Massa específica dos corpos de prova em g/cm<sup>3</sup>.

	Cura de 7 dias	Cura de 14 dias	Cura de 28 dias
Sem cinza (Padrão)	2,182 ± 0,028	2,179 ± 0,022	2,133 ± 0,031
Com 25% de cinza	2,15 ± 0,072	2,119 ± 0,046	1,944 ± 0,018
Com 50% de cinza	1,842 ± 0,058	1,926 ± 0,001	1,746 ± 0,074
Com 75% de cinza	1,593 ± 0,082	1,672 ± 0,080	1,672 ± 0,044
Com 100% de cinza	1,488 ± 0,023	1,479 ± 0,040	1,547 ± 0,132

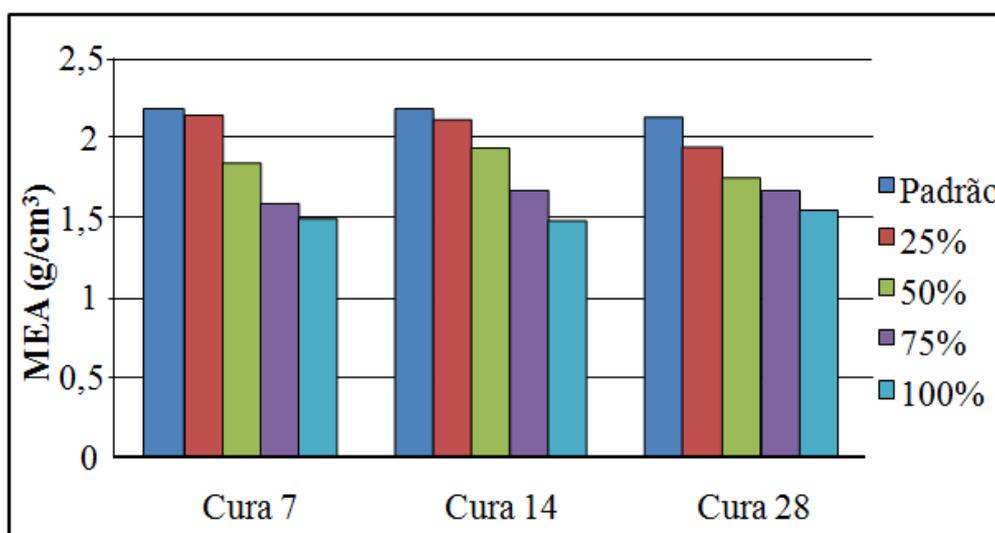


FIGURA 2 – Gráfico em colunas das massas específicas aparentes dos corpos de prova.

Na Tabela 3 e na Figura 2 observou-se que a massa específica aparente (densidade aparente) dos corpos de prova diminui com o aumento da porcentagem de cinza em substituição a areia.

Como a massa específica aparente dos corpos de prova é dada pela razão entre a massa e o volume do mesmo sua diminuição quando confeccionados com a cinza em comparação com os confeccionados sem a cinza, se deve provavelmente por causa da diminuição da massa pela introdução da cinza.

#### Absorção de água (AA%)

A Tabela 4 e Figura 3 mostram as absorções de água das amostras estudadas, antes e depois de acrescentar a cinza do bagaço de cana em substituição a areia, com 24 horas em estufa a aproximadamente 110°C.

Para o cálculo das absorções de água utilizamos a equação 3.

$$AA(\%) = (m_u - m_s) \cdot 100 \div m_s \quad (3)$$

Onde:  $m_u$  é a massa úmida do corpo de prova;

$m_s$  é a massa seca em estufa.

TABELA 4 – Mostra as absorções de água dos corpos de prova em %.

	Cura de 7 dias	Cura de 14 dias	Cura de 28 dias
Sem cinza (Padrão)	5,077 ± 1,031	5,180 ± 1,256	5,374 ± 0,882
Com 25% de cinza	5,464 ± 0,416	5,299 ± 2,171	8,828 ± 0,727
Com 50% de cinza	11,141 ± 3,357	8,280 ± 0,369	13,984 ± 4,122
Com 75% de cinza	14,963 ± 2,127	16,026 ± 5,260	17,970 ± 8,289
Com 100% de cinza	19,659 ± 1,566	18,761 ± 3,022	17,936 ± 4,977

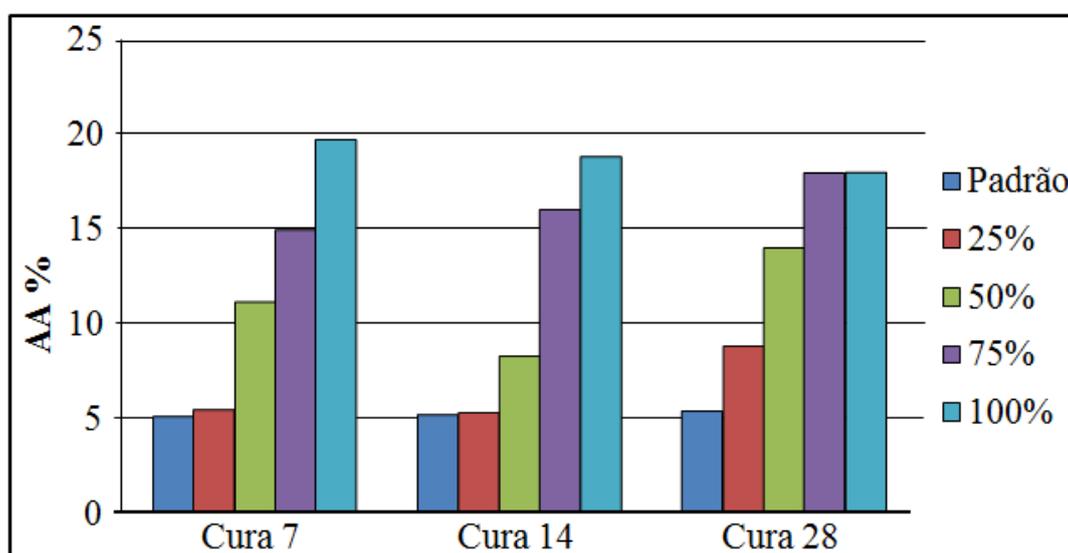


FIGURA 3 – Gráfico em colunas das absorções de água dos corpos de prova.

Através da Tabela 4 e Figura 3 observa-se que a absorção de água é maior para os corpos de prova confeccionados com a cinza. Segundo Barbosa et al. (1998) os corpos de prova com maiores teores de cinza, tendem a ser mais permeáveis e porosas, o que justifica os maiores valores de absorção. Este fato se deve ao crescimento do fator água/cimento com o objetivo de manter a mesma consistência.

Segundo Paula (2006) a quantidade de carbono e de matéria orgânica tem grande influência na absorção de água, pois o material carbonoso é extremamente fino, o que ocasiona um aumento na demanda de água, é o que provavelmente deve ter ocorrido na queima deste bagaço de cana.

#### **Porosidade aparente (PA%)**

A Tabela 5 e Figura 4 mostram as porosidades aparentes dos corpos de prova, antes e depois de acrescentar a cinza do bagaço de cana em substituição a areia, com 24

horas em estufa a uma temperatura de aproximadamente 110°C.

Para o cálculo das porosidades aparentes utilizamos a equação 4.

$$PA(\%) = (m_u - m_s) \div (m_u - m_i) \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:  $m_u$  é a massa úmida do corpo de prova;

$m_s$  é a massa seca em estufa;

$m_i$  é a massa imersa.

TABELA 5 – Porosidades aparentes dos corpos de prova em %.

	Cura de 7 dias	Cura de 14 dias	Cura de 28 dias
Sem cinza (Padrão)	11, 159 ± 2, 171	11, 372 ± 2, 663	11, 565 ± 1, 712
Com 25% de cinza	11, 723 ± 0, 886	19, 984 ± 16, 117	17, 361 ± 1, 157
Com 50% de cinza	20, 795 ± 5, 383	16, 112 ± 0, 728	24, 498 ± 6, 148
Com 75% de cinza	24, 162 ± 2, 023	26,770 ± 7, 403	28, 103 ± 9, 989
Com 100% de cinza	29, 375 ± 2, 011	28, 014 ± 3, 839	27, 706 ± 5, 795

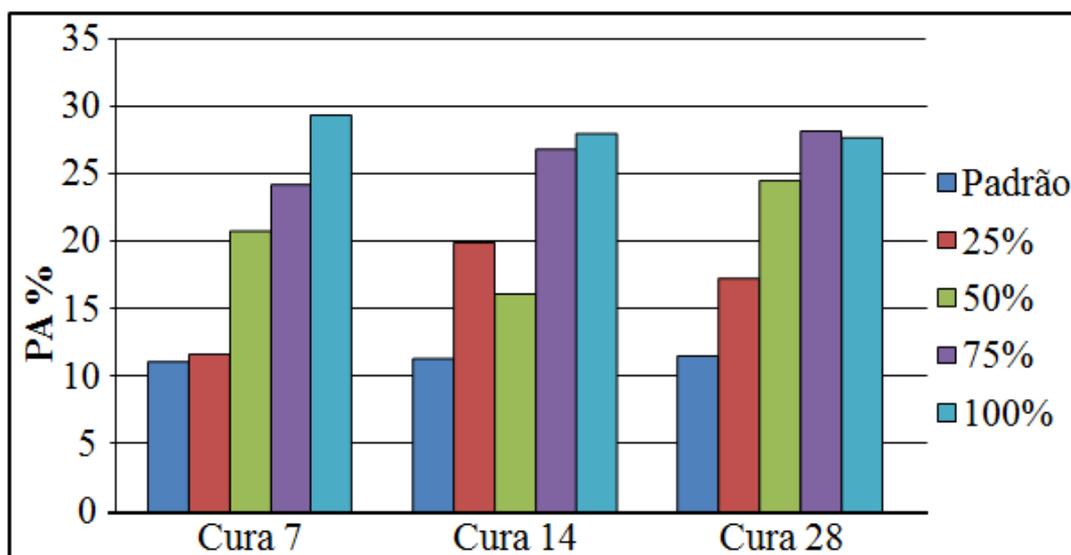


FIGURA 4 – Gráfico em colunas das porosidades aparentes dos corpos de prova.

Através da Tabela 5 e Figura 4 observou-se que a porosidade aparente é maior para os corpos de prova confeccionados com cinza. Isso ocorreu provavelmente por causa do fator água/cimento, pois o aumento significativo da quantidade de água em relação à massa de cimento empregada ocasionou o aumento nas dimensões dos poros.

Segundo Barbosa (1998) este fato pode ser resolvido controlando-se o fator água/cimento de cada combinação estudada.

### Resistência à compressão

A Tabela 6 e Figura 5 mostram os módulos de resistência à compressão dos corpos-de-prova com 28 dias de cura.

TABELA 6 – Resistência a compressão dos corpos de prova, expressos em MPa.

	Cura de 28 dias
Sem cinza (Padrão)	12,935 ± 2,454
Com 25% de cinza	10,832 ± 0,989
Com 50% de cinza	9,032 ± 1,426
Com 75% de cinza	9,683 ± 0,519
Com 100% de cinza	9,143 ± 0,203

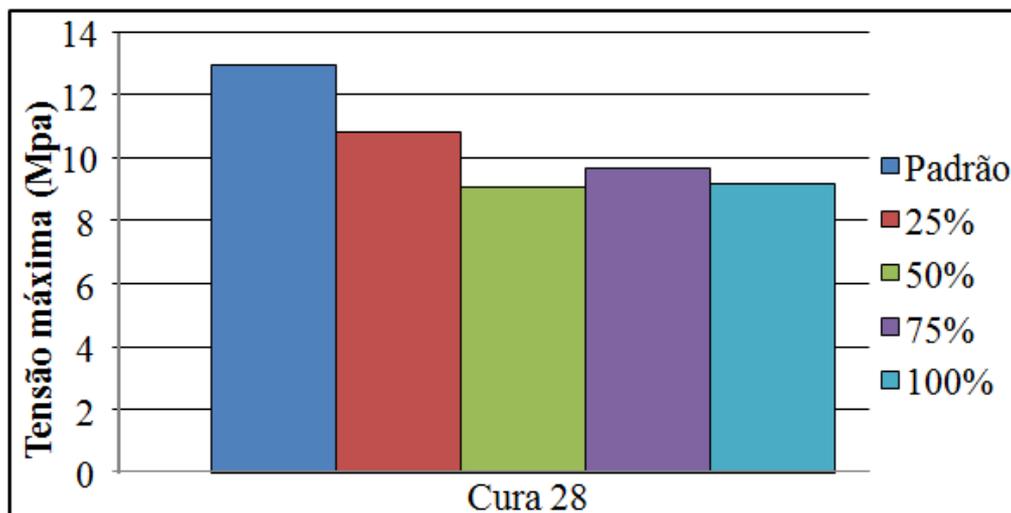


FIGURA 5 – Gráfico em colunas da resistência a compressão dos corpos-de-prova com cura 28 dias.

Através da Tabela 7 e Figura 5 observou-se que a resistência é menor para os corpos de prova confeccionados com cinza e diminui com o aumento da porcentagem de cinza substituindo a areia. Acredita-se que a queda de resistência, ocorreu devido à composição da cinza e a presença de bagaço no resíduo e o fator água/cimento, pois o aumento significativo da quantidade de água em relação à massa de cimento empregada ocasionou o aumento nas dimensões dos poros.

## CONCLUSÃO

Todos os corpos de prova confeccionados com a adição de cinza de bagaço de cana, retirados da usina são Fernando na região de Dourados, apresentaram maior absorção de água, maior porosidade e menor resistência quando comparados aos corpos de prova confeccionados sem cinza, provavelmente isso ocorreu devido à quantidade de carbono e matéria orgânica na composição da cinza e também devido o fator água/cimento. Este fato pode ser resolvido peneirando melhor a cinza para eliminar maior quantidade de matéria orgânica e controlando-se o fator água/cimento de cada combinação estudada. Porém os corpos de prova confeccionados com 25 % tiveram valores com poucas diferenças dos confeccionados sem cinza.

Devido à baixa resistência, a maior absorção de água e porosidade dos corpos de prova confeccionados acima de 25% de cinza do bagaço de cana, em substituição ao agregado miúdo, quando comparados com os corpos sem cinza, sugere-se que a confecção de lajotas de concreto para a pavimentação se torna viável na composição abaixo de 25% e inviável acima desta porcentagem.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9780: Peças de concreto para pavimentação determinação da resistência a compressão – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 1987.

BARBOSA, M.F., LIMA, E., PIRES SOBRINHO, C. W. A. **Estudo de argamassas com adições de cinza de casca de arroz e cinza de cana-de-açúcar.** VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído Qualidade no Processo Construtivo. 27 A 30 de Abril de 1998 – Florianópolis – SC.

COELHO, S. T., 1999, **Mecanismos para implementação da co-geração de eletricidade a partir de biomassa. Um modelo para o Estado de São Paulo.** Tese de D.Sc., Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 200 p.

CORDEIRO, G. C., 2006. **Utilização de Cinzas Ultrafinas do Bagaço de Cana-de-açúcar e da Casca de Arroz como Aditivos Minerais em Concreto.** Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 445 p.

CORTEZ, L., MAGALHÃES, P., HAPP, J., 1992, “**Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização**”, *Revista Brasileira de Energia*, v. 2, n. 2, pp. 12-18.

ECOINFORME Agência de Informação do Meio Ambiente, 2009, **Governo do Mato Grosso do Sul quer liberar usinas perto do Pantanal**. *On line*: Disponível na Internet via

WWW.URL:[http://www.ecoinforme.com.br/main\\_noticia.asp?id\\_noticia=726&id\\_tipo\\_noticia=4&id\\_secao=106](http://www.ecoinforme.com.br/main_noticia.asp?id_noticia=726&id_tipo_noticia=4&id_secao=106). Consultado em 25 de dezembro de 2013.

FIESP/CIESP, 2001, **Ampliação da oferta de energia através da biomassa (bagaço da cana-de-açúcar)**, São Paulo: FIESP/CIESP, 90 p.

FREITAS, E. G. A., 1996, **Obtenção de tijolos de solo-cimento com adição de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar para uso em construção civil**. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil, 197 p.

JENKINS, B. M., BAXTER, L. L., MILES Jr., T. R., MILES, T. R., 1998, “**Combustion properties of biomass**”, *Fuel Processing Technology*, v. 54, n. 1, pp. 17-46.

MANHÃES, M. S., 1999, “**Adubação, correção do solo e uso de resíduos da agroindústria**”. In: *Tecnologia canavieira nas Regiões Norte Fluminense e Sul do Espírito Santo – Boletim Técnico n. 12*, Campos dos Goytacazes: UFRRJ, pp. 24-31.

MARTINS, C. H., MACHADO, P.H.T., 2009, “**Uso da cinza do bagaço de cana de açúcar como agregado miúdo em argamassas**”. In: *ENTECA 2009- VII Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura*, Maringá, Brasil, v. 1. p. 1-1.

MUNDO DA CANA, 2009, **Tecnologia de Subprodutos**. *On line*: Disponível na internet via WWW. URL: <http://www.mundodacana.blogspot.com/2009/07/terca-feira-28-de-julho-de-2009.html>. Consultado em 20 de novembro de 2013.

NASSAR, M. M., ASHOUR, E. A., WAHID, S. S., 1996, “**Thermal characteristics of bagasse**”, *Journal of Applied Polymer Science*, v. 61, n. 6, pp. 885-890.

OLIVEIRA, A. L. **Contribuição para a Dosagem e Produção de Peças de Concreto para Pavimentação**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PANDEY, A., SOCCOL, C. R., NIGAM, P., SOCCOL, V. T., 2000, “**Biotechnological potential of agro-industrial residues. I: sugarcane bagasse**”, *Bioresource Technology*, v. 74, n. 11, pp. 69-80.

PAULA, M. O., 2006, **Potencial da cinza do bagaço de cana-de açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland**. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

PELLEGRINI, M. C., 2002, **Inserção de centrais cogeneradoras a bagaço de cana no parque energético do Estado de São Paulo: exemplo de aplicação de metodologia para análise dos aspectos locacionais e de integração energética**. Dissertação M.Sc., Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 178 p.

PROÁLCOOL - Programa Brasileiro de Álcool. *On line*: Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool.htm>. Consultado em 29 de fevereiro de 2013.

RASUL, M. G., RUDOLPH, V., CARSKY, M., 1999, “**Physical properties of bagasse**”, *Fuel*, v. 78, n. 8, pp. 905-910.

TURDERA, E. M. V., 2009, **Interface Energia-Economia-Meio Ambiente na Indústria Sucro-Alcooleira de Mato Grosso do Sul: Alcances e Limitações da Indústria na Contribuição de um Desenvolvimento Sustentável**. Relatório de Pesquisa CNPQ-2009-UFGD-Processo n. 473219/2006-9.

WAACK, R. S., NEVES, M. F., 1998, “**Competitividade do sistema agro-industrial da cana-de-açúcar**”. In: Farina, E. M. M. Q., Zylbersztajn, D. (org), *Competitividade no agrobusiness brasileiro*, São Paulo: PENSA/FEA/USP, 197 p.

SANTOS, P.S. **Tecnologia de argilas**. Vol.1. 2ª. Edição. Editora Edgar Blücher, 1989.

SILVA, V. L. M. M.; GOMES, W. C.; ALSINA, O. L. S. **Utilização do bagaço de cana de açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.2,1 (2007) p, 27-32.