

**Efeitos da adição e substituição de cinza do bagaço da cana-de-açúcar em matrizes cimentícias****Effects of adding and replacing ash from sugar cane paste on cementitious matrices**

DOI:10.34117/bjdv6n10-250

Recebimento dos originais: 13/09/2020

Aceitação para publicação: 13/10/2020

**Jane Kelly Vilela Santos**

Pós-Graduanda em Projeto, Dimensionamento de Estruturas e Fundações pela Universidade de Rio Verde – UniRV

Instituição: Universidade de Rio Verde – UniRV

Endereço: Fazenda Fonte do Saber, campus Universitário, Rio Verde -GO, Brasil

E-mail: jane.kelly.vilela@hotmail.com

**Bacus de Oliveira Nahime**

Doutor em Ciências dos Materiais pela Universidade Estadual Paulista

Instituição: Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde

Endereço: Rua 003, conjunto Vila Verde, cidade Rio Verde -GO, Brasil

E-mail: bacusnahime@ifgoiano.edu.br

**Igor Soares dos Santos**

Mestrando em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade pelo Instituto Federal Goiano

Instituição: Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde

Endereço: Rua 003, conjunto Vila Verde, cidade Rio Verde -GO, Brasil

E-mail: higorignorsantos@hotmail.com

**Kelly Patrícia Torres Vieira Basileiro**

Especialista em Planejamento Urbano e Ambiental pela Universidade de Rio Verde – UniRV

Instituição: Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde

Endereço: Rua 003, conjunto Vila Verde, cidade Rio Verde -GO, Brasil

E-mail: kellypatriciatv@hotmail.com

**Pâmela Millena Kunan**

Especialista em Planejamento Urbano e Ambiental pela Universidade de Rio Verde – UniRV

Instituição: Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde

Endereço: Rua 003, conjunto Vila Verde, cidade Rio Verde -GO, Brasil

E-mail: pamelakunan@hotmail.com

**Fausto Arantes Lobo**

Mestre em Geotecnia e Construção Civil pela Universidade Federal de Goiás

Instituição: Universidade de Rio Verde – UniRV

Endereço: Fazenda Fonte do Saber, campus Universitário, Rio Verde -GO, Brasil

E-mail: faustoalobo@gmail.com

**Idalci Cruvinel dos Reis**

Doutor em Ciências dos Materiais pela Universidade Estadual Paulista  
Instituição: Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde  
Endereço: Rua 003, conjunto Vila Verde, cidade Rio Verde -GO, Brasil  
E-mail: idalcireis@yahoo.com.br

**Michell Macedo Alves**

Doutor em Engenharia de Estruturas pela Universidade de São Paulo Instituição: Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde  
Endereço: Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, Rio Verde –GO –Brasil  
E-mail:michellmacedorv@gmail.com

**RESUMO**

O atual cenário produtivo brasileiro pauta-se na exploração constante dos recursos naturais de origem finita. O setor construtivo por si só é responsável por grande parcela do esgotamento de matérias primas. Portanto, a adoção de novos métodos e uso de novos materiais nos processos construtivos mostra-se como uma alternativa promissora e ecológica. Partindo deste preceito, o presente estudo tem o objetivo de analisar através de revisão bibliográfica, os efeitos da presença da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBC) em compósitos a base de cimento Portland. Foi possível concluir que a cinza em questão apresenta propriedades satisfatórias para utilização em matrizes cimentícias, sendo uma alternativa eficiente e sustentável. Contudo, tornar-se imprescindível a análise das condições ideias de utilização, considerando os diversos fatores que podem influenciar no desempenho da cinza na matriz.

**Palavras-chave:** Resíduos agrícolas, Pozonalas, Cimento, Sustentabilidade.

**ABSTRACT**

The current Brazilian productive scenario guides the constant exploitation of natural resources of finite origin. The construction sector alone is responsible for a large part of the depletion of raw materials. Therefore, the adoption of new methods and the use of new materials in the construction processes shows it as a promising and ecological alternative. Based on this precept, this study aims to analyze the literature review, the effects of the presence of ash from sugarcane bagasse (CBC) in Portland cement-based composites. It was possible to conclude that the ash in question presents satisfactory characteristics for use in cementitious matrices, being an efficient and sustainable alternative. However, an analysis of the conditions of use will become essential, considering the various factors that may influence the performance of the gray matrix.

**Keywords:** Agricultural waste, Pozonalas, Cement, Sustainability.

**1 INTRODUÇÃO**

A indústria da construção civil depende diretamente da exploração de recursos minerais não renováveis, por meio da utilização e produção de recursos essenciais como o cimento Portland, agregados e a cal. Tais matérias primas possibilitam o preparo de concretos e argamassas, que possuem vasto campo de utilização em diversos segmentos. Supit et al. (2014) resulta que o processo de produção do cimento Portland principalmente durante a calcinação, emite a atmosfera altíssimos níveis de gases poluentes.

Sendo o cimento a principal matéria prima utilizada no ramo da construção civil onde seu uso mostra-se presente em todas as fases da obra, a demanda gerada promove expressivas quantidades de material produzido anualmente, o tornando o produto mais consumido mundialmente. Estima-se que aproximadamente 54,5 milhões de toneladas de cimento Portland foram produzidas em 2019 no Brasil, segundo o Sindicato Nacional de Cimento (SNIC, 2019). Em conformidade com estimativas elaboradas por Schneider (2015), espera-se que até 2050 a produção brasileira de cimento dobrará em relação a quantidade produzida atualmente.

Contudo, Nanoцем (2016) enfatiza que o processo de fabricação deste material emite elevados níveis de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, sendo aproximadamente uma tonelada de CO<sub>2</sub> para cada tonelada de material produzido, resultando na expressiva parcela de 3 a 8% da emissão mundial de poluentes, tendo grande parcela de contribuição na propagação do efeito estufa. Tais valores de poluição, pautam-se no excessivo consumo de energia durante as etapas de produção, principalmente em função da queima de calcário para dar origem ao clínquer. Berenguer et. al. (2020) menciona que o processo de descarbonatação, por si só é responsável por metade das emissões durante o processo, assim como a combustão para produção de clínquer que representa cerca de 40%, evidenciando a necessidade de redução do consumo de matéria prima durante o processo.

Embora seja um setor solidamente conceituado no mercado, a produção de cimento Portland sofre interferências diretas da economia e vertentes sócio ambientais. De modo que se faz necessária a adoção novos métodos e técnicas produtivas, visando primordialmente reduzir os custos de produção em massa e adoção de novas técnicas produtivas e materiais ecológicos que possam minimizar os efeitos poluidores que são lançados ao meio ambiente durante a concepção do produto (MALAGÓN et al., 2020).

Uma das alternativas mais promissoras, é através do aproveitamento de resíduos existentes provenientes do descarte inadequado de indústrias de diferentes segmentos. Sua aplicação possibilita a substituição de parte do clínquer usando em na produção de cimento, por possuir propriedades cimentícias capazes de garantir a qualidade do material produzido, como é o caso da utilização de escórias e materiais pozolânicos (FAIRBAIRN et al., 2010).

O emprego de materiais renováveis no setor construtivo é pouco explorada. Contudo, resíduos como a cinza do bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz, fibra de juta, casca de coco, talo de algodão, entre outros, tenham sua eficiência constatada quando inseridos em matrizes cimentícias. A disseminação em grandes proporções, apresenta-se de forma benéfica no que diz respeito a redução de descartes gerados pela indústria e agricultura que são depositados em lixões e aterros sanitários, tal como redução do custo de materiais utilizados durante o processo (MADURWAR, RALEGAONKAR e MANDAVGANE, 2013).

Além disso, Guerra (2013) ressalta ainda que o uso de adições minerais em concretos e argamassas contribui para melhorias de suas propriedades e em sua maioria, são oriundas de rejeitos de produção industrial, que são encontrados a baixo custo, viabilizando de forma técnica e econômica a sua substituição parcial ao clínquer em cimento Portland.

O Brasil destaca-se diante do cenário global como um exímio produtor e consumidor de diversas variedades de cultivos agrícolas, contribuindo de forma expressiva para o abastecimento e aquecimento da economia mundial. A atual produção brasileira de cana-de-açúcar e álcool o torna o maior produtor mundial e responsável por boa parte das exportações, contribuindo de forma significativa para a geração de energias limpas e renováveis (PAULA et al., 2009).

O vasto território brasileiro permite a disseminação de cultivos em diversas localidades, sendo São Paulo, Alagoas, Pernambuco, Minas Gerais, Goiás e Paraná, os estados com maior potencial produtivo e detentores de larga escala de produção de cana-de-açúcar. Goiás destaca-se como o segundo maior produtor do país, produzindo em torno de 70 milhões de toneladas na safra de 2019, valor correspondente a 11,3% da produção nacional, exaltando sua expressiva contribuição em relação aos demais estados (UNICA, 2019).

As diversas aplicações do cimento Portland e a crescente demanda deste material, contribui diretamente para a emissão de altíssimos níveis de emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Frente as fatos apresentados, torna-se cabível e necessário o estudo da incorporação de materiais alternativos e ecológicos que possam reduzir os impactos ambientais ocasionados durante o processo de fabricação do cimento, como a utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Como método adotado para a presente pesquisa, têm-se a revisão bibliográfica. Inicialmente, com intuito de analisar a influência da cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) em matrizes cimentícias, realizou-se um levantamento sobre os efeitos da adição e substituição do resíduo em pastas de cimento Portland, concretos e argamassas.

Os sites Scientific Electronic Library Online (Scielo), ResearchGate, Periódicos Capes e Biblioteca Digital de Teses e Dissertações, foram as principais ferramentas utilizadas como fonte de pesquisa, dada a relevância de suas publicações, onde buscou-se informações fundamentadas e conceituadas em: artigos científicos, livros, obras literárias, teses e dissertações. Inicialmente o levantamento de dados foi concebido através da busca por termos específicos como: “cinza do bagaço da cana-de-açúcar em argamassas”, “cinza do bagaço da cana-de-açúcar em concretos” e “cinza do bagaço da cana-de-açúcar em pastas de cimento”, em virtude da particularidade de sua aplicação. A

Tabela 1 apresenta o quantitativo de artigos encontrados em cada fonte de pesquisa mencionada, através da menção de tais termos.

Tabela 1 – Levantamento de dados

<b>Fonte de pesquisa</b>	<b>Quantidade de material encontrado</b>
Scielo	36
ResearchGate	100
Periódicos Capes	31
Biblioteca Digital de Teses e Dissertações	153

Fonte: Autores (2020).

O critério de escolha e seleção das bibliografias encontradas seguiu conforme o ano de publicação, onde optou-se por materiais publicados a partir de 2010, priorizando assim as pesquisas mais recentes possíveis para análise de resultados. Todo material selecionado encontra-se em português e inglês, como evidenciado em Tabela 2.

Tabela 2 – Levantamento de dados

<b>Ano</b>	<b>Autores</b>	<b>Título da publicação</b>
2010	Cordeiro, Toledo Filho e Fairbairn (2010)	Ultrafine sugar cane bagasse ash: high potential pozzolanic material for tropical countries Cinza ultrafina do bagaço de cana-de-açúcar: material pozolânico de alto potencial para países tropicais
2010	Mansaneira (2010)	Verificação da potencialidade do uso da cinza do bagaço de cana-de-açúcar em cimento Portland
2013	Poggiali et al. (2013)	Desempenho de argamassas fabricadas com adição de cinza de bagaço de cana-de-açúcar
2015	Idris e Yassin (2015)	Determination of the effects of bagasse ash on the properties of portland cement
2015	Fernandes et al. (2015)	Cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como adição mineral em concretos para verificação de sua durabilidade
2016	Soares et al. 2016	Comparing the pozzolanic behavior of sugar cane bagasse ash to amorphous and crystalline SiO <sub>2</sub>
2016	Rezende (2016)	Uso de cinza de bagaço de cana-de-açúcar em cimento portland como mecanismo de desenvolvimento limpo

2017	Cordeiro e Kurtis (2017)	Effect of mechanical processing on sugar cane bagasse ash pozzolanicity
2017	Nobre et al. (2017)	Estudo do efeito de altos teores de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) em pastas cimentícias: análise por DRX
2017	Oliveira et al. (2017)	Cinza a partir do bagaço da cana-de-açúcar reutilizada como parte integrante em argamassas e concretos na indústria civil
2019	Molin Filho et al. (2019)	Study of the compressive and tensile strenghts of self-compacting concrete with sugarcane bagasse ash
2020	Berenguer et al. (2020)	Sugar cane bagasse ash as a partial substitute of Portland cement: Effect on mechanical properties and emission of carbon dioxide
2020	Lima (2020)	Estudo da viabilidade técnica do concreto autoadensável com aplicação da cinza do bagaço da cana-de-açúcar

Fonte: Autores (2020).

Após a realização da revisão sistemática sobre os assuntos anteriormente mencionados, realizou-se uma análise crítica sobre os fatores condicionantes para sua utilização, identificando a correlação entre os diferentes estudos realizados, apontando as possíveis vantagens, assim como a avaliação dos resultados alcançados e as possíveis condições de utilização.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o IBGE (2018), através do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), a produção nacional de cana-de-açúcar atingiu a marca de 746.828,157 toneladas produzidas na safra de 2018 em todo o país. Mediante ao exposto, espera-se que diversas regiões distintas do Brasil tenham como seu principal cultivo, a cana-de-açúcar, em função da extensão territorial brasileira.

Soares et al. (2016) relatam que embora a CBC possua elevados níveis de óxido de sílica, sua composição baseia-se em estrutura cristalina e amorfa, sendo os teores destas fases em função de aspectos determinantes como região do cultivo, período de colheita, temperatura de queima, aspectos regionais, dentre outros. Aspectos estes, que influenciam diretamente na fração de atividade pozolânica e inerte do material. De maneira que Cordeiro, Toledo Filho e Fairbairn (2010) complementam ainda que o tratamento adotado durante o processamento do bagaço, quantidade de carbono presente, composição química e dimensões dos fragmentos são peculiaridades que interferem na eficiência do compósito em relação ao seu efeito pozolânico.

Considerando as variáveis que interferem na composição química da cinza em função do local e das condições de cultivo pertencente a diferentes países, assim como a extensão territorial brasileira,

torna-se relevante a análise da sua composição através de análise Fluorescência de Raio X (FRX) em diversas pesquisas, como expresso em Tabela 3.

Tabela 3 – Análise da composição química da CBC cultivada em diferentes estados do Brasil através de ensaio FRX

Elemento (%)	Estado (Brasil)				
	Paraná	São Paulo	Goiás	Rio de Janeiro	Pernambuco
	Molin Filho et al. (2019)	Fernandes et al. (2015)	Lima (2020)	Cordeiro e Kurtis (2017)	Berenguer et al. (2020)
SiO <sub>2</sub>	86,2	44,30	30,58	80,8	84,86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,8	8,74	10,67	5,1	10,67
K <sub>2</sub> O	2,4	-	1,51	6,3	1,51
CaO	1,5	9,60	1,43	3,1	2,96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,9	3,43	26,62	1,6	3,83
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,6	-	-	0,8	0,38
TiO <sub>2</sub>	1,9	-	10,30	0,3	0,76
SO <sub>3</sub>	-	0,35	-	1,5	0,39
MgO	-	0,76	2,08	-	2,54
Outros	0,7	-	2,41	0,4	0,83

Fonte: Autores (2020).

Observa-se portanto que o solo, condições de cultivo e as condições climáticas típicas de cada estado brasileiro influenciam diretamente na quantidade de material com potencial pozolânico presente na composição da cinza, visto que cada região possui métodos de cultivo distintos, onde algumas são adequadas da monocultura e outras cultivam apenas em determinado período do ano, de acordo com as variações climáticas do local que podem favorecer o seu cultivo, sendo a policultura.

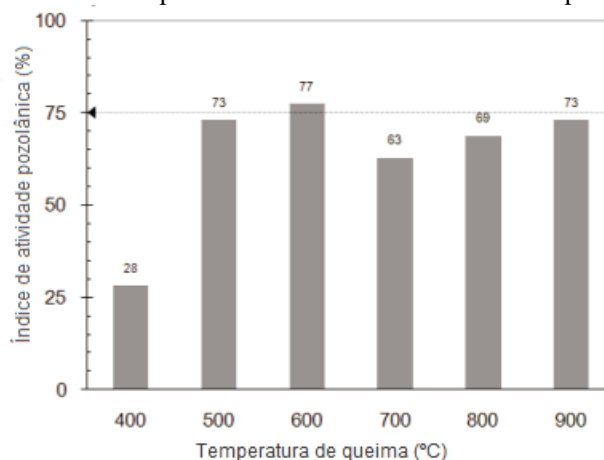
De maneira geral, independente da procedência da cinza constata-se que o material possui elevada quantidade de dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>) em sua composição, sendo em média, 78% considerando as cinco cinzas analisadas. Componente este que em estado amorfo e em contato com o hidróxido de cálcio presente nas reações de hidratação do cimento, dá origem a reações pozolônicas que conferem melhorias de resistência à matrizes cimentícias.

Outro aspecto relevante quanto ao tratamento das cinzas, é o tempo e a temperatura de calcinação. Onde variáveis como proporção de aquecimento, tempo de resfriamento e a distribuição granulométrica da cinza, influenciam diretamente nas características finais do composto, alterando as proporções de atividade pozzolânica presente. Portanto, adotar a temperatura ideal no menor tempo possível de calcinação, possibilita o alcance de melhores resultados, assim como menor energia gasta durante o processo (MANSANEIRA, 2010).

Entretanto, Ganesan, Rajagopal e Thangavel (2007) enfatizam que pouco se sabe quanto a temperatura ideal de calcinação, sendo este um fator relativo a diversas condições anteriormente mencionadas. A temperatura de queima em caldeiras varia entre 400 e 900 °C.

Cordeiro, Toledo Filho e Fairbairn (2010) avaliaram a influência de diferentes temperaturas de queima para obtenção de CBC. Os resultados mostram que de acordo com a mensuração do índice de atividade pozzolânica encontrada em função da resistência à compressão, que a temperatura mais indicada é a 600 °C, por ser a única cinza a atingir a porcentagem mínima de 75% de reatividade, estabelecida pela NBR 12653 (ABNT, 2014) para que um material seja considerado pozzolânico, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Índice de atividade pozzolânica de CBC em diferentes temperaturas de calcinação

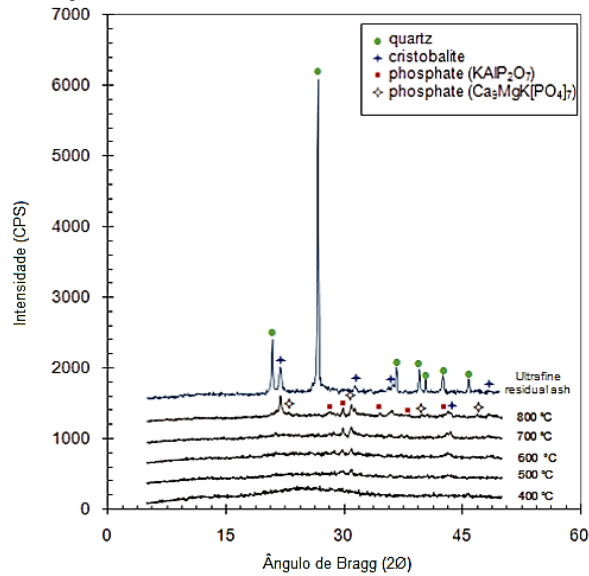


Fonte: Cordeiro, Toledo Filho e Fairbairn (2010).

Entretanto, os autores constataram mediante ensaio de difração raio X, que cinzas calcinadas em temperaturas entre 400 e 500 °C, apresentam estrutura amorfa em dadas condições angulares, porém, não sendo indicada. Enquanto em cinzas produzidas a 800 °C constatou-se a presença de sílica em fase de cristobalita, indicando efeito satisfatório para a obtenção de material pozzolânico nesta temperatura, evidenciando a queima total do carbono presente, como exposto em Figura 2.

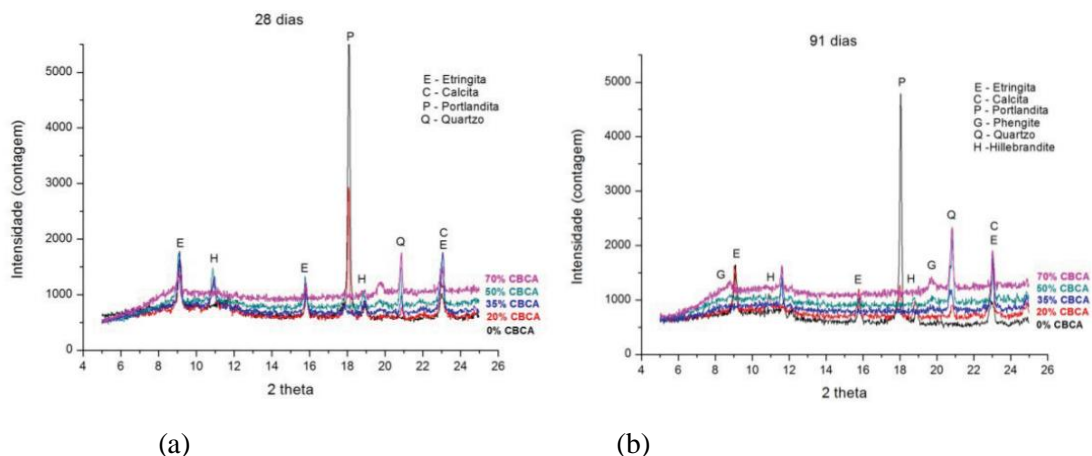


Figura 2 – Difração raio X em cinzas submetidas a diferentes temperaturas



Fonte: Cordeiro, Toledo Filho e Fairbairn (2010).

O teor de adição ou substituição presente na mistura, também irá influenciar no desempenho do compósito, visto que existe uma quantidade ideal que irá permitir alcançar melhores resultados, em função do mecanismo de hidratação do cimento em reação com material pozzolânico. Partindo deste preceito, ao analisar o comportamento da CBC em pastas cimentícias em substituição parcial ao cimento Portland, Nobre et al. (2017) contataram a presença de atividade pozzolânica de acordo com as fases cristalinas existentes em diversos teores analisados, considerando idades distintas de hidratação, mediante análise de ensaio de Difração por Raio X (DRX), conforme Figura 3.

Figura 3 – Resultado DRX em ângulo  $2\theta$  ( $5^\circ$  e  $25^\circ$ ) em 28 (a) e 91 dias (b) de idade

Fonte: Nobre et al. (2017).

Os resultados mostram que embora todos os teores de adição tenham proporcionado a reação com os produtos de hidratação do cimento em diferentes ângulos, teores acima de 35% de substituição, acarretam em consumo total de portlandita, cessando assim o desencadeamento de

reações pozolânicas em determinadas fases devido à falta de portlandita disponível. Evidenciando que menores teores de substituição apresentam melhor comportamento entre os aluminatos e sulfatos, desempenhando melhores fases de hidratação da mistura.

De maneira complementar, Oliveira et al. (2017) afirma que substituições em até 30% em relação ao volume de cimento na mistura, promove melhorias quanto à conservação e resistência de estruturas de concreto, enquanto em argamassas obtêm-se matrizes menos porosas em função do preenchimento dos poros, seja em função do efeito fíler ou pozolânicos das cinzas, assim como aumento de absorção de água.

Considerando a aplicação da CBC em argamassas, várias pesquisas corroboram o fato de que a substituição de parcela do cimento Portland por este material apresenta características de desempenho físico e mecânico similares a argamassas sem adição, proporcionando a redução do consumo de cimento sem prejuízo quanto ao seu comportamento, se utilizado o teor ideia de substituição. Partindo desde preceito, Poggiali et al. (2013), Rezende (2016), Idris e Yassin (2015) avaliaram a resistência à compressão em argamassas com diversos teores de substituição de CBC, variando entre 0% e 30% em relação a quantidade de cimento utilizada, conforme dados contidos em Tabela 4.

Tabela 4 – Resistência à compressão em argamassas com adição de CBC em diferentes idades

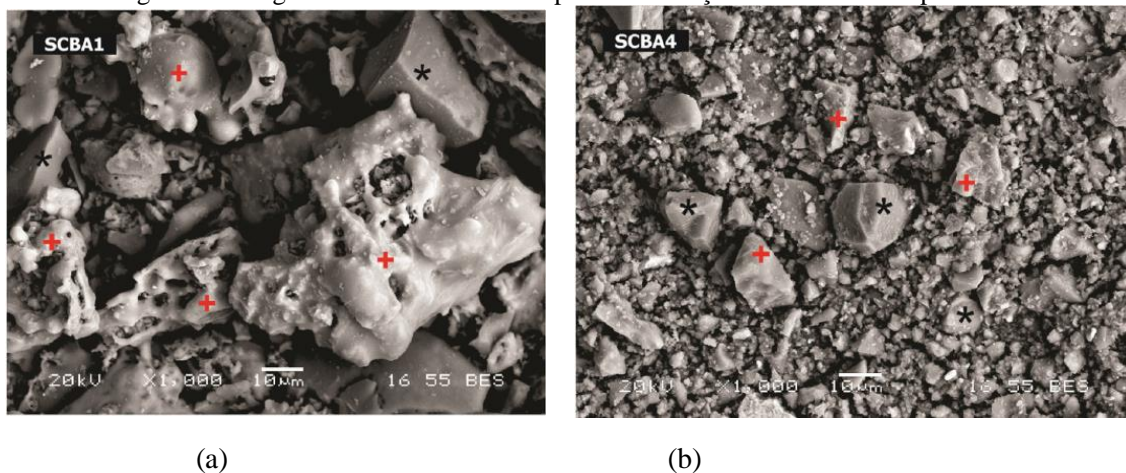
Fonte	7 dias (MPa)				28 dias (Mpa)			
	REF	AG10	AG20	AG30	REF	AG10	AG20	AG30
Poggiali et al. (2013)	39	38	35	30	42	45	43	38
Rezende (2016)	38	33	35	29	43	42	41	40
Idris e Yassin (2015)	33,4	37,4	26,5	27.2	46	45.5	37.1	35.7

Fonte: Autores (2020).

Mediantes aos resultados expostos, constata-se que a substituição em até 20% mostra-se condizente com os valores alcançados por argamassas sem adição, sendo uma alternativa promissora de utilização. Porém, em quantidades superiores, observa-se um decréscimo nos valores de resistência, embora ainda desempenhando valores satisfatórios e dentro dos requisitos mínimos estabelecidos para argamassas. Contatando assim, que a presente substituição permite reduzir parte do cimento necessário por CBC, minimizando consideravelmente a quantidade de cimento necessária e conseqüentemente os impactos que o material causa ao meio ambiente.

O tamanho das partículas da cinza também mostra-se como um variável de fundamental importância para o estudo de sua utilização. Onde, ao analisar a influência da adição da CBC em pastas de cimento Portland considerando diferentes faixas granulométricas da cinza, Cordeiro e Kurtis (2017) constataram através da realização de ensaio de microscopia óptica de varredura (MEV), que diversos compostos de origem mineralógica presentes na composição da cinza influenciam no bom comportamento do material quando em contato com os produtos de hidratação do cimento, como evidenciado em Figura 4.

Figura 4 – Imagens da microestrutura de pasta com adição de CBC obtidas por MEV

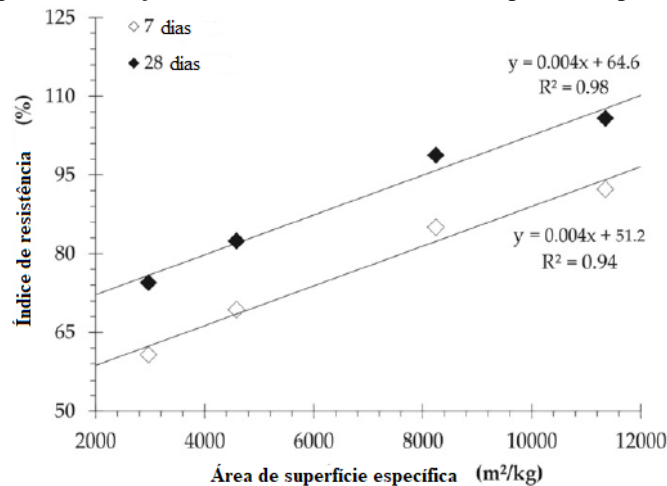


Fonte: Cordeiro e Kurtis (2017).

A Figura 4 (a) representa a pasta SCBA1, na qual foi introduzida cinza com distribuição granulométrica mais grosseira e com maior dimensão das partículas (29,6  $\mu\text{m}$ ), enquanto a imagem (b) se refere a pasta SBCA4, de granulação mais fina (4,4  $\mu\text{m}$ ). Percebe-se portanto que ambas as pastas apresentam-se como misturas porosas e com a presença de grande parcela de quartzo (demarcação em vermelho) e partículas celulares (demarcação em preto) em sua composição, advindas do bagaço da cana-de-açúcar, onde a granulação mais fina apresenta maiores valores de área superficial.

Os autores constaram ainda que é possível obter uma correlação entre a superfície específica e a resistência a compressão para diferentes idades, como pode ser observada visível evolução em Figura 5.

Figura 5 – Relação entre índice de resistência e superfície específica



Fonte: Cordeiro e Kurtis (2017).

Tal característica possui grande influência nos parâmetros de resistência, onde, quanto maior a área superficial da cinza, maior será sua resistência mecânica em função do aumento da reatividade pozolânica na mistura, até ser atingido o valor de superfície específica ideal. Este aspecto é observado em diversas cinzas e adições minerais, porém, a particularidade da CBC consiste em ser mais suscetível a este fenômeno em função da quantidade de partículas de quartzo em sua composição, que mostram-se mais solúveis quando em menos dimensões, aumentando a superfície de contato da sílica presente e contribuindo com o aumento de resistência a compressão.

#### 4 CONCLUSÕES

Perante toda análise bibliográfica realizada quanto ao comportamento da cinza do bagaço de cana-de-açúcar em matrizes cimentícias, conclui-se que sua utilização mostra-se viável e promissora devido a diversos fatores que permitem a sua utilização.

Quando empregada em substituição na parcela de cimento Portland, a CBC apresenta resultados satisfatórios e similares aos compósitos de referência em função do seu comportamento pozolânico, reduzindo assim o consumo de cimento necessário e conseqüentemente a emissão de gases nocivos na atmosfera provenientes do processo de fabricação. Outro aspecto relevante está relacionado ao teor ideal de substituição, onde constata-se a viabilidade de substituição em até 30% da massa de cimento, sem que haja grandes variações de resistência se comparado a argamassas sem adição. A granulometria mais fina da cinza permite o alcance de melhores parâmetros de resistência à compressão.

Porém, devida atenção deve ser dada aos fatores condicionantes que podem interferir no desempenho da cinza na matriz, como: temperatura e tempo de queima, local de origem, composição química, granulometria, dentre outros. Visto que em condições ideais de utilização, a CBC apresenta

excelentes parâmetros de desempenho em matrizes cimentícias. Contudo, sua utilização busca, primordialmente, disseminar no ramo da construção civil a viabilidade do uso de materiais alternativos, renováveis e ecológicos em matrizes cimentícias, com enfoque na sustentabilidade.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653**: Materiais pozolânicos – Especificação. Rio de Janeiro, 2015.

BERENGUER, R. A.; CAPRARO, A. P. B.; MEDEIROS, M. H. F.; CARNEIRO, A. M. P.; OLIVEIRA, R. A. **Sugar cane bagasse ash as a partial substitute of Portland cement: Effect on mechanical properties and emission of carbon dioxide**. Revista Journal of Environmental Chemical Engineering. V. 8, p. 1-7. Amsterdam, Países Baixos, 2020.

CORDEIRO, G. C.; KURTIS, K. E. **Effect of mechanical processing on sugar cane bagasse ash pozzolanicity**. Cement and Concrete Research, v. 97, p. 41-49, 2017.

CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIRN, E. M. R. Ultrafine sugar cane bagasse ash: high potential pozzolanic material for tropical countries Cinza ultrafina do bagaço de cana-de-açúcar: material pozolânico de alto potencial para países tropicais. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 3, p. 50-67, 2010.

FAIRBAIRN, E. M.; AMERICANO, B. B.; CORDEIRO, G. C.; PAULA, T. P.; TOLEDO FILHO, R. D.; SILVOSO, M. M. Cement replacement by sugar cane bagasse ash: CO<sub>2</sub> emissions reduction and potential for carbon credits. **Journal of environmental management**, v. 91, n. 9, p. 1864-1871, 2010.

FERNANDES, S. E.; TASHIMA, M. M.; MORAES, J. C.B. DE; ISTUQUE, D. 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, p. 909-923, 2015.

GANESAN, K.; RAJAGOPAL, K.; THANGAVEL, K. **Evaluation of bagasse ash as supplementary cementitious material.** *Cement & Concrete Composites*, v. 29, n. 6, p. 515-524, 2007.

GUERRA, L. **Viabilidade técnica da adição de finos de basalto na pasta de cimento Portland.** 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, Paraná, 2013.

IDRIS, M. K.; YASSIN, K. E. E. **Determination of the effects of bagasse ash on the properties of portland cement.** *Journal of Appl. and Industr. Sci*, v. 3, p. 6-11, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da Produção agrícola.** Online. Disponível em <<http://www.ibge.net/home/estatística>. Acesso em: 09 jul. 2020.

LIMA, K. L. **Estudo da viabilidade técnica do concreto autoadensável com aplicação da cinza do bagaço da cana-de-açúcar.** 2020. 60p. Trabalho de conclusão de curso - Instituto Federal Goiano (Campus Rio Verde). Rio Verde, Goiás, 2020.

MADURWAR, M. V.; RALEGAONKAR, R. V.; MANDAVGANE, S. A. Application of agro-waste for sustainable construction materials: A review. **Construction and Building materials**, v. 38, p. 872-878, 2013.

MALAGÓN, B.; FERNÁNDEZ, G.; DE LUIS, J.M; RODRÍGUES, R. Feasibility study on the utilization of coal mining waste for Portland clinker production. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 1, p. 21-32, 2020.

MANSANEIRA, E. C. **Verificação da potencialidade do uso da cinza do bagaço de cana-de-açúcar em cimento Portland.** 2010. 116p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento). Universidade Estadual de Londrina. Londrina, Paraná, 2010.

MOLIN FILHO, R. G. D.; LONGHI, D. A.; SOUZA, R. C. T. de; VANDERLEI, R. D.; PARAÍSO, P. R.; JORGE, L. M. de M. **Study of the compressive and tensile strenghts of self-compacting concrete with sugarcane bagasse ash.** *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, v. 12, n. 4, p. 874-883, 2019.

NANOCEM. **Cement, concrete and emissions: The need for research**. 2016. Disponível em: <<https://www.nanoцем.org/cement-concrete>>. Acesso em: 09 jul. 2020.

NOBRE, T. R. S.; SANTOS, T. A.; ARGOLO R. A.; RIBEIRO, D. V. **Estudo do efeito de altos teores de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar (CBCA) em pastas cimentícias: análise por DRX**. Blucher, p. 49-55. São Paulo, 2017.

OLIVEIRA, S. T. M.; MIRANDA, A. C; SILVA FILHA, S. C. de; KLEPA, R. B. **Cinza a partir do bagaço da cana-de-açúcar reutilizada como parte integrante em argamassas e concretos na indústria civil**. XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 14p., 2017.

PAULA, M. O. D.; TINÔCO, I. D. F.; RODRIGUES, C. D. S.; SILVA, E. N. D.; SOUZA, C. D. F. Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 353-357, 2009.

POGGIALI, F. S. J.; SOARES, M. M. N. S.; BEZERRA, A. C. S.; PÁDUA, P. G. L.; FIGUEIREDO, R. B.; AGUILAR, M. T. P.; CETLIN, P. R. **Desempenho de argamassas fabricadas com adição de cinza de bagaço de cana-de-açúcar**. 57º Congresso Brasileiro de Cerâmica, p. 2115-2126, 2013.

REZENDE, M. F. **Uso de cinza de bagaço de cana-de-açúcar em cimento portland como mecanismo de desenvolvimento limpo**. Tese (Doutorado em Engenharia dos Materiais) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Rede Temática em Engenharia de Materiais. Ouro Preto, Minas Gerais, 120p, 2016.

SCHNEIDER, M. Process technology for efficient and sustainable cement production. **Cement and concrete research**, v. 78, p. 14-23, 2015.

SNIC – SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. Disponível em: <<http://snic.org.br>>. Acesso em: 09 jul. 2020.

SOARES, M. M. de; GARCIA, D. C.; FIGUEIREDO, R. B.; AGUILAR, M. T. P.; CETLIN, P. R. Comparing the pozzolanic behavior of sugar cane bagasse ash to amorphous and crystalline SiO<sub>2</sub>. **Cement and Concrete Composites**, v. 71, p. 20-25, 2016.

SUPIT, S. W. M.; SHAIKH, F. U. A.; SAKER, P. K. **Effect of ultrafine fly ash on mechanical properties of high volume fly ash mortar**. *Construction and Building Materials*, v. 51, p. 278-286, 2014.

UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇUCAR. Disponível em: <<https://www.unicadata.com.br>>. Acesso em: 09 jul. 2020.