

UTILIZAÇÃO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM CONCRETOS E ARGAMASSAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Marco Antonio Lima da Costa Galvão¹, Lucas Santos de Oliveira², Kathellyn Suelen Lins Souto³, Cláudia Patrícia Torres Cruz⁴

¹Universidade Potiguar - UnP, Natal, Brasil (marcoalima878@gmail.com)

²Universidade Potiguar - UnP, Natal, Brasil

³Universidade Potiguar - UnP, Natal, Brasil

⁴Universidade Potiguar - UnP, Natal, Brasil

A construção civil é um dos setores que mais contribuem para a degradação ambiental que intensifica a busca por soluções sustentáveis. O artigo realiza uma revisão sistemática sobre o uso da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBCA) como substituto parcial do cimento e areia em argamassas e concretos. A pesquisa evidencia que a CBCA contribui para a melhoria das propriedades físico-químicas dos materiais, reduz impactos ambientais, promovendo sustentabilidade na construção civil.

Palavras-chave: CBCA; Sustentabilidade; Concreto; Argamassa; Cimento

INTRODUÇÃO

A preservação do meio ambiente é um fator de suma importância para o desenvolvimento e prosperidade das futuras gerações. Nesse sentido, a relação entre o meio ambiente e o setor da construção civil precisa ser harmônica, e é imprescindível criar alternativas sustentáveis que visem, também, o crescimento deste setor.

Em virtude do cenário atual, muito se tem discutido a respeito da sustentabilidade, a qual, segundo a Organização das Nações Unidas – ONU (1987), consiste em suprir as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades. Uma vez que as ações humanas sobre o meio ambiente têm causado impactos irreversíveis, tais como a emissão de gases tóxicos na atmosfera terrestre, a contaminação do solo, o lançamento de rejeitos nos cursos fluviais, a extração de recursos naturais, a extinção da fauna e da flora, entre outros. Tais ações geram consequências nocivas à qualidade de vida atual, bem como à das gerações futuras.

Neste cenário, é preciso compreender o conceito de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável que segundo a organização WWF – Fundo Mundial para a Natureza, o define como as necessidades de suprir as condições de vida da geração atual, garantindo a capacidade de atender a geração futuras, ou seja, o não esgotamento de recursos naturais para o futuro. Sendo assim, a palavra sustentabilidade está ligada à preservação que abrangem o aspecto ambiental,

social, político, econômico, demográfico, cultural e espacial (DIAS, 2009).

Dentro disso, a construção civil mostra-se uma das principais agentes da emissão de gases poluentes, a indústria da construção civil é responsável por consumir 75% dos recursos naturais extraídos, além de gerar cerca de 80 toneladas de resíduos. (CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – CBCS, 2009). Além disso, o atual modelo de desenvolvimento se destaca por um consumo significativo de recursos naturais e pela degradação ambiental. A constatação das restrições na disponibilidade desses recursos e os efeitos resultantes das mudanças ambientais e climáticas reforçam a conclusão de que essa situação não pode perdurar a longo prazo (SEVERIADO, 2021).

O cimento é uns principais emissores de CO₂ na indústria da construção civil, ele gera emissão durante a produção da energia elétrica usada na moagem das matérias primas, no processo de queima das matérias primas num forno a 1450°C e também no processo de queima do calcário que se transforma em cal e CO₂ e essas emissão representam 60 a 65% total das emissões ligadas à produção de cimento (NANOCEM, 2016).

Além disso, os principais agentes de degradação ambiental na construção civil estão basicamente relacionados ao consumo de recursos naturais e de energia e à geração de resíduos (SEVERIANO, 2021), muito recorrente devido ao método construtivo convencional que gera grandes

quantidades de resíduos, deixando assim bem mais agravante o impacto negativo no meio ambiente.

Nesse contexto, é notório a necessidade de buscar alternativas para uma intervenção menos danosa ao meio ambiente. Desse modo, surge a utilização de materiais alternativos para diminuir a extração de recursos naturais para a produção/fabricação de diversos elementos que compõem a indústria da construção civil. Podemos ter como exemplo o cimento que de acordo com Modro, *et al.* (2009), é uns dos principais agregados que são provenientes de fontes naturais não renováveis que é utilizado para produção de diversos elementos construtivos na construção civil. Este consumo desenfreado, caso não seja contido, poderá provocar a escassez dos recursos naturais que compõem este elemento, sendo assim, é de grande importância promover uma substituição parcial ou total por fontes alternativas.

Além disso, a argamassa cuja produção é composta através da mistura de agregados, como areia e aglomerantes como o cimento, cal, gesso entre outros componentes, sendo elementos danosos ao meio ambiente, desde a sua extração até sua utilização como destaca Brown e Lugo (1998) que as extrações das matérias primas da areia e matérias primas do cimento, geralmente vêm acompanhadas de impactos ambientais, seguidos da degradação do meio ambiente. Além disso, a extração do calcário do solo e a produção do cimento emite grande quantidade de dióxido de carbono no meio ambiente (CASTRO E MARTINS, 2016). Vendo esses dois pontos, é necessário a redução da utilização da areia e do cimento para conseguir inibir a grande devastação ambiental que a construção civil provoca.

E por fim, o concreto cuja sua composição se dá pelos mesmos elementos da argamassa com adição da brita. Nesse sentido, a melhor maneira de diminuir a utilização desses recursos e conservar o meio ambiente é o emprego de formas alternativas, entre as quais está o uso de resíduos industriais como matéria-prima (ALWAELI, 2013). Sob essa óptica, além da redução da demanda da extração de recursos naturais, ainda há a possibilidade de obtenção de produtos com propriedades superiores, conforme mostra as diversas pesquisa feitas por: Castro e Martins (2016), Silva, Moraes, Machado (2020), Azevedo, (2016), Fernandes, *et al.* (2015), Modro, *et al.* (2009) entre outros utilizados diversos elementos como substituição parcial.

Sob essa perspectiva, o uso da cinza do bagaço da cana-de-açúcar surge como uma alternativa viável a ser introduzida na construção civil, por meio da substituição parcial de um ou mais compósitos presentes no concreto e argamassas. Nesse sentido, é imprescindível a inserção de novos materiais que corrobora com a minimização desses impactos, visto

que, conforme exposto pela Organização Carbon Brief (2018), no ano de 2015 a indústria cimentícia foi responsável por 8% da emissão de CO₂, sendo maior do que qualquer outro país além da China ou dos Estados Unidos. Os processos de queima do calcário e dos combustíveis fósseis para aquecer os fornos às altas temperaturas equivale a algo em torno de 90% da emissão de CO₂. Desse modo, é imprescindível a necessidade de materiais alternativos para conter esse avanço da emissão de CO₂ no planeta.

Nesse sentido, a construção civil tem trabalhado para aproveitar os insumos que seriam descartados, em seu meio. Segundo CBIC (2012), a construção civil enfrenta pressões crescentes devido às mudanças climáticas e à escassez de recursos naturais. Nesse cenário exige a adoção de práticas sustentáveis, reorganização empresarial e novas diretrizes políticas. Sendo assim, a transformação da cadeia produtiva torna-se essencial para garantir a continuidade e a responsabilidade ambiental do setor. Com isso é importante para um crescimento economicamente vantajoso, socialmente responsável e ambientalmente sustentável.

O uso desse material pode trazer diversos benefícios ambientais, assim como a melhoria de desempenhos em argamassa e concretos. A cinza do bagaço da cana de açúcar (CBCA) apresentar atividade pozolânica quando a combustão ocorre em temperaturas de calcinação controladas, taxa de aquecimento e tempo de queima, e posteriormente quando moída apresenta alta porcentagem de sílica, apresentando potencial pozolânico (CORDEIRO, TOLEDO FILHO E FAIRBAIRN, 2009). Além disso, segundo Pereira *et al.* (2016), para cada tonelada de bagaço queimado são gerados 25 kg de cinza. Sendo assim, a CBCA apresenta em sua composição condições para melhoramento na propriedade física de argamassas e concretos.

Em uma pesquisa feitas entre 2019/20 pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), indicar que a região Nordeste é a terceira maior produtora de cana-de-açúcar do Brasil e que o Estado do Rio Grande do Norte é a terceiro maior produtor, tendo uma estimativa de área plantada de 53,8 mil hectares, sendo assim, uma produção de 2.569,5 mil toneladas de cana-de-açúcar, conforme ilustrado na Figura 1. Entre as principais usinas presentes no Rio Grande do Norte destaca-se: Usina Estivas Ltda – Arês; Usina Ceará-Mirim S/A – Ceará-Mirim; Vale Verde – Baía Formosa e Grupo Farias - Baía Formosa.

REGIÃO/UF	Cana-de-açúcar destina ao açúcar (mil t)						Açúcar (mil t)		
	Safra 2018/19	Safra 2019/20	VAR. %	Safra 2018/19	Safra 2019/20	Variação			
							Absoluta	%	
NORTE	518,3	557,7	7,6	59,6	64,6	5,0	5,0	8,4	
AM	139,1	138,9	(0,2)	12,5	12,6	0,0	0,0	0,3	
PA	379,2	418,9	10,5	47,0	52,0	5,0	10,6		
NORDESTE	19.725,9	20.836,2	5,6	2.470,8	2.602,3	131,5	5,3		
MA	159,0	174,7	9,9	21,8	23,1	1,4	1,4	6,3	
PI	653,3	657,2	0,6	78,4	83,7	5,3	5,3	6,6	
RN	995,2	998,9	0,4	118,2	115,6	(2,4)	(2,4)	(2,0)	
PB	883,1	1.188,6	34,6	117,5	150,5	33,0	28,1		
PE	5.836,8	6.323,4	8,3	732,8	793,0	60,2	8,2		
AL	9.689,7	10.045,9	3,7	1.194,8	1.256,2	61,4	5,1		
SE	715,2	609,7	(14,8)	99,3	75,6	(23,7)	(23,9)		
BA	793,4	837,6	5,6	108,0	104,3	(3,8)	(3,5)		

Figura 1. Produção da cana de açúcar por unidade da federação

Para que se possa ter as CBCA é necessário passar por todo um processo, conforme indicado na Figura 2 e segundo Souza *et al.* (2007) indicar que o processo que se dá início através da plantação da cana-de-açúcar, logo após sua colheita, sendo realizada de forma mecanizada ou manualmente, com a sua extração obter-se dois novos derivados que são o caldo e o bagaço. Cerca de 96% do açúcar contido na cana é extraído. O bagaço resulta em apenas 4% de açúcar e são transportados para a moenda a céu aberto. Através do bagaço da cana ocorrem dois processos químicos que são a hidrólise, que dá origem ao etanol, e a combustão que é realizada com o objetivo da geração de energia elétrica. As cinzas geradas pela combustão do bagaço da cana-de-açúcar, na sua grande maioria, são lançadas a céu aberto em aterro sanitário ou algum lixão que são grandes emissores de gás metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂).



Figura 2. Fluxograma de etapas da produção até a cinzas do bagaço de cana-de-açúcar.

Nesse sentido, o meio ambiente é impactado diretamente pelo processo de combustão no qual é feito para a geração de energia elétrica, nesse processo gera um resíduo que é a CBCA que gera mais um impacto ao meio ambiente e é nesse momento que podemos intervir e proporcionar melhorias ao meio ambiente e contribuir para no setor da construção civil. Se por um lado, vamos dar um destino adequado a esse material, por outro, vamos utilizá-lo para a melhoria das propriedades do cimento, argamassas e concretos que em sua composição química, este material apresenta-se potencialmente como aditivo mineral para pastas, argamassas e concretos (PAYA *et al.*, 2002).

Além disso, segundo Oliveira, *et al.* (2004) as CBCA apresentam propriedades de sílica amorfa que

apresenta atividade pozolânicas e que durante o processo de hidratação do cimento, reagir com o hidróxido de cálcio, formando compostos com característica de aglomerante, tais como os silicatos e aluminatos de cálcio hidratados. Porém, sua atividade pozolânicas pode variar com os diferentes tipos de queima e coleta.

Em outra pesquisa, Torres *et al.* (2020) e Lima (2022) indicam que a CBCA apresenta pozolanicidade adequada somente após passar por um tratamento que elimine completamente a matéria orgânica. Além disso, após a queima, a CBCA apresenta uma granulometria irregular, o que afeta negativamente seu potencial. Para resolver esses dois problemas, é necessário realizar uma recalcinação controlada e moer as cinzas até atingir uma granulometria fina, semelhante a um pó. Somente após esse processo é que a CBCA pode apresentar seu real potencial pozolânico. (TORRES *et al.* 2020) e (LIMA, 2022)

Os dois principais benefícios do uso da CBCA em materiais cimentícios é a diminuição de CO₂, quando se substituir o clínquer ou outro material que tenha granulometria fina, outro benefício é a melhora na qualidade da mistura por ocorrer o refinamento dos poros e redução do ataque de agentes externos, reforçando a propriedade pozolânica que favorece a aderência e o endurecimento (LIMA, 2022).

Há diversas pesquisas destacando o uso da CBCA como material pozolânico, substituindo parcialmente o cimento ou areia no uso em argamassas e concreto obtendo resultados significativos. O emprego da CBCA pode possibilitar melhorias nos desempenhos físico e químico do cimento e reduzir as despesas e o impacto ambiental ocasionado (CORDEIRO, TOLEDO FILHO E FAIRBAIRN, 2009), ainda destaca em sua pesquisa em difratograma de raios X, sendo a queima do bagaço da cana-de-açúcar produzida a 600 °C, apresenta como matéria-prima com potencial para produção de pozolana adequadas com vista aos requisitos propostos na NBR 12653/1992.

Em outra pesquisa, Castro e Martins (2016), destaca o uso CBCA substituindo parcialmente o agregado miúdo com substituição de 0%, 5%, 10%, 15% e 20%. Tendo o teor de substituição maior destaque o de 10%, possuindo a mesma retenção de água que a argamassa de referência, possui menor teor de ar incorporado, menor coeficiente de capilaridade e maior resistência à compressão axial. Ainda, a pesquisa feita por Zanella, *et al.* (2019), indicou que o uso da CBCA apresentou um aumento de resistência à compressão de 21%, quando a substituição da areia foi de 50% e 100%.

Em relação a substituição parcial do cimento, destaca Filho e Martins (2017), CBCA substituindo

parcialmente o cimento Portland com substituição de 0%, 2,5%, 5%, 7,5% e 10%. Sendo que mostrou viabilidade na foi na substituição de até 2,5% de cimento Portland pela cinza leve. Além disso, o Berenguer (2019), avaliou em sua pesquisa que ficou evidente ganhos significativos e/ou manutenção nas propriedades básicas das argamassas e concreto. Foram analisando dois tipos de cinza a CBC-A e CBC-B, sem nenhum tipo de beneficiamento, a amostra CBC-A teve baixa pozolanicidade, sendo possível utilizar para calcinação e moagem para o aumento em sua área superficial específica, aumentando sua reatividade. Já para a amostra CBC-B foram considerados como material pozolânico de média reatividade que obteve resultados maiores ou próximos do mínimo de desempenho esperados e é possível a sua utilização como adição mineral. No modo geral, as amostras obtiveram resultados satisfatórios quando teve 15% de adição em relação aos ensaios mecânicos e de durabilidade. (BERENGUE, 2019)

A grande dificuldade dos pesquisadores é em relação a queima do bagaço da cana-de-açúcar, pois a partir dela ocorre alterações na propriedade química da cinza, fazendo assim, perdendo parcialmente ou totalmente a sua atividade pozolânica, onde Cordeiro, Toledo Filho e Fairbairn (2009), destaca que a temperatura e condições ideias para conseguir aproveitar todas as propriedades da CBCA seria a queima controlada a 600°C em forno resistivo e cominuída em moinho planetário.

A pesquisa se justifica pela necessidade de desenvolver estudos que visem a melhoria contínua do meio ambiente por meio da utilização de materiais alternativos, como a cinza do bagaço da cana-de-açúcar. Além do mais, o trabalho também busca contribuir não só com o fator ambiental, como também o social.

Este artigo tem como objetivo geral realizar uma revisão sistemática da bibliografia sobre a CBCA e o seu uso como substituição de alguma composta nos concretos, argamassas de cimento, além de suas alterações quanto às propriedades e de sua relação com a sustentabilidade. Como objetivo específicos, verificar se esse material pode contribuir para as propriedades físicas e químicas dos compostos, além de analisar como o uso desse material pode contribuir com o meio ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi elaborada como procedimento metodológico deste trabalho a revisão sistemática da bibliografia de estudos envolvendo-o uso da cana de açúcar em concretos, argamassas e cimentos, avaliando além disso, a presença da sustentabilidade, bem como, as alterações nas propriedades físicas e químicas.

Assim, focam-se na meta-análise dos fatos nos arquivos selecionados, o fluxo de seleção dos artigos é apresentado na Figura 3.

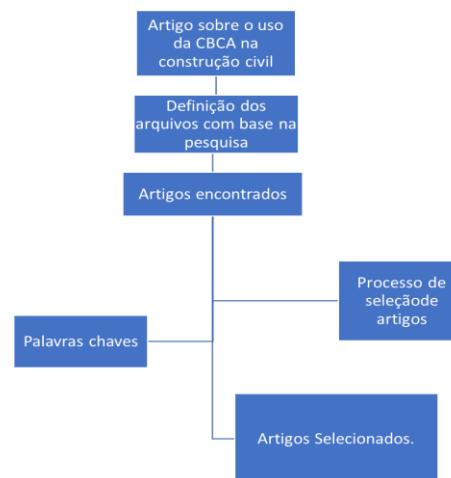
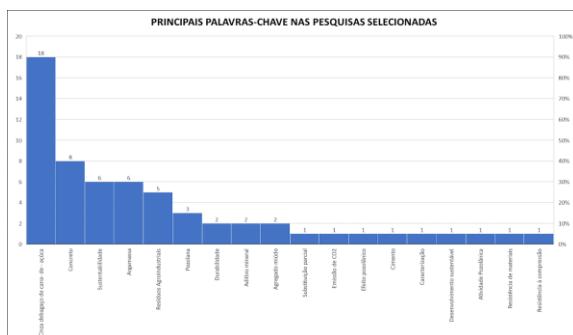


Figura 3: Fluxograma da metodologia da pesquisa

A partir da busca por artigos do uso da CBCA (Cinza do bagaço da cana de açúcar) na construção civil publicados, definiu-se os arquivos adequados com a substituição de algum elemento físico e ou químico da argamassa ou concreto. Feito isso, foram realizadas buscas por artigos voltados ao tema em questão nas principais base de pesquisa, como: Google acadêmico, Scielo e Periódicos Capes.

A partir disso, foram encontrados diversos artigos, sendo selecionado aqueles com a temática viável a está revisão: Cinza do bagaço da cana-de-açúcar; Cinza do bagaço da cana-de-açúcar e Sustentabilidade; Cinza do bagaço da cana-de-açúcar e argamassa/concreto. Em segunda foram selecionados os artigos e definidas as palavras chaves: Durabilidade; Substituição parcial; Emissão de CO₂; Resíduos Agroindustriais; Aditivo mineral; Efeito pozolânico; Pozolana; Cimento; Agregado miúdo; Caracterização; Desenvolvimento sustentável; Atividade Pozolânica; Resistência de materiais e Resistência à compressão. Sendo assim, após análise dos artigos, foram selecionados 30 artigos, conforme o Gráfico 1 que o maior número de artigos com a presença da palavra-chave foi sobre a Cinza de bagaço de cana-de-açúcar 18 vezes, seguindo por Concreto 8 vezes e Sustentabilidade e argamassa 6 vezes.

Gráfico 1. Principais palavras-chave nas pesquisas selecionadas



Inicialmente foi feito uma leitura dos artigos relacionados à pesquisa sobre o uso da CBCA (cinza do bagaço da cana-de-açúcar), selecionados os que estão relacionados com o trabalho de revisão, em seguida feito um comparativo de tração e compreensão dos artigos selecionados.

A amostra de artigo publicado sobre a utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar na construção civil foi definida a partir da escolha de dados, da identificação dos termos de busca e da determinação dos tipos de documentos publicados, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1: Processo de definição de amostra



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Contudo, mediante ao exposto ao longo desta pesquisa, os resultados preliminares apresentados abaixo se deram através de uma longa revisão sistemática proveniente de pesquisas de autores diversos, a fim de levantar a maior quantidade de dados possíveis para comprovar a eficácia acerca do uso da Cinza do Bagaço da Cana de Açúcar (CBCA) na substituição parcial do cimento Portland, com índices que vão de 0%, 2,5%, 5%, 7,5% à 10%, reduzindo assim os impactos ao meio ambiente, que gira em torno de 122.262 toneladas de resíduos diariamente, de acordo com uma publicação da ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.

Esta revisão sistemática se dá pela apuração de dados, para o nosso estudo. Foi realizada uma análise minuciosa, concisa, objetiva, como também qualitativa nesses artigos, e como resultado, pode-se compreender e destacar as seguintes discussões:

RELAÇÃO 1 E 2: EFICÁCIA DO USO DO CBCA COMO AGREGADOS MIÚDOS ATRAVÉS DO SLUMP TEST

1. UTILIZAÇÃO DA CINZA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR COMO SUBSTITUTO DO AGREGADO MIÚDO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL.

Autores: CARVALHO, Pablo Portrica R. A.; NAGANO, Marisa F. (2017)

A partir das análises realizadas por Carvalho e Nagano, (2017) foram visualizados que nos traços Pobres, Normais e Ricos só apresentaram resistências diferentes, devido ao fato que no traço Pobre, o consumo de cimento era menor em relação ao traço Normal e Rico. Amostras confeccionadas com 42% e 100% de CBC alcançaram resultados satisfatórios com valores entre 5% a 15% abaixo da amostra confeccionada com 0% CBC, nos traços pobre, normal e rico, respectivamente na idade de 28 dias. Sendo assim, eles concluíram que a utilização do CBC na construção civil não apenas beneficia economicamente, mas também propicia um ganho ambiental, pois é um material que é continuamente utilizado incorretamente e até mesmo descartado. Isso com certeza iria reduzir tais impactos.

2. ESTUDO DA DURABILIDADE E INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DA CINZA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO.

Autor: BERENGUER, Ramildo Alves. (2022)

A partir das análises realizadas por Berenguer, (2019), foi averiguado que as cinzas do bagaço de cana-de-açúcar apresentaram resultados satisfatórios, ou seja, acima do limite sugerido pela norma. De acordo com estes resultados, apontados pelo Gráfico 2, 3 e 4, pode-se afirmar que as cinzas estudadas apresentaram índices de desempenho satisfatório, havendo uma pequena diferença entre as duas cinzas variando em torno de 5%. Também foram observadas nesta pesquisa em relação às amostras CBC-A e CBC-B, importante destacar que a atividade pozolânica altera a microestrutura da matriz cimentícia, por meio das reações químicas entre a portlandita e a pozolana, que é um composto gerado por produtos hidratados secundários estáveis.

Gráfico 2: Resistência à compressão de 3 traços de concreto com a presença do CBCA como substituição parcial e total – Traço pobre.

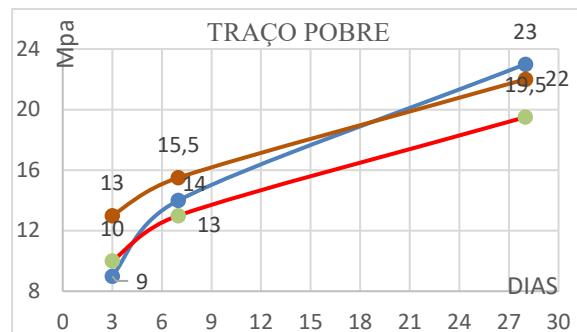


Gráfico 3: Resistência à compressão de 3 traços de concreto com a presença do CBCA como substituição parcial e total – Traço normal.

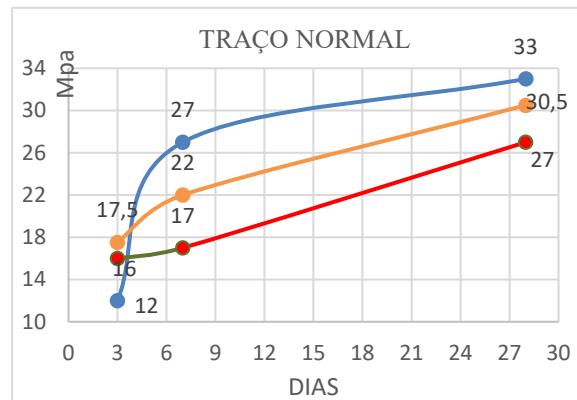
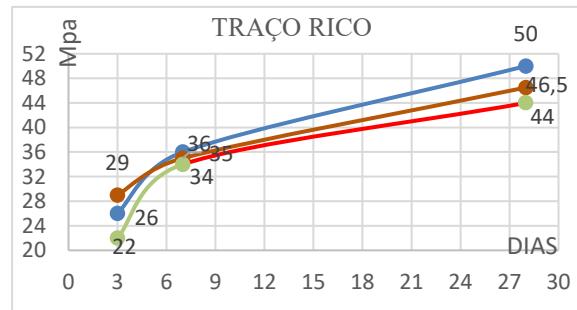


Gráfico 4: Resistência à compressão de 3 traços de concreto com a presença do CBCA como substituição parcial e total – Traço rico



Portanto, conclui-se que o uso do CBCA no agregado miúdo possui características bem interessantes. Todavia, apenas nos dias iniciais de resistência, ao passar do tempo ele perde um pouco de suas propriedades. Como observa-se nos três traços acima, (pobre, normal e rico) apresentam uma resistência satisfatória acima da média de referência no início. Levando em consideração a resistência do concreto aos 7 e 28 dias comparados ao valor de referência esse concreto apresenta uma resistência não tão satisfatória assim, mas que por sua vez não chega a ser algo insatisfatório, a diferença de resistência é

bem baixa comparado ao tipo de material utilizado. Sendo assim, concluímos que o uso de CBCA nesse caso pode ser bastante vantajoso.

RELAÇÃO 3 E 4: EFICÁCIA DO USO DO CBCA EM ARGAMASSAS ATRAVÉS DOS ENSAIOS DE ELASTICIDADE E COMPRESSÃO

3. DESEMPENHO DE ARGAMASSAS FABRICADAS COM ADIÇÃO DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR.

Autores: PÁDUA, Paula G. L.; BEZERRA, Augusto C. da S.; POGGIALI, Flávia S. J.. (2013)

A partir das análises realizadas por Pádua, Bezerra e Poggiali, (2013), foram constatados que a utilização da CBCA como substituição parcial do aglomerante, cimento, provoca a diminuição do módulo de elasticidade, ou seja, quanto maior a quantidade de CBCA, menor é o módulo de elasticidade dessa mistura. Mediante a todos os experimentos realizados, eles chegaram à conclusão de que a substituição de cerca de 10% e 15% do cimento pela cinza, não tem caráter de influência com relação de módulo de elasticidade e resistência à compressão das argamassas, conforme indicar o Gráfico 03. Porém, por outro lado, se houver uma substituição de valores maiores que 15%, a resistência à compressão e módulo de elasticidade destas argamassas diminuem consideravelmente. Além do mais, o uso da CBCA faz com que a argamassa produzida a partir dessa mistura tenha maiores índices de porosidade, o que consequentemente aumenta a absorção de água, através do fenômeno da capilaridade, como indicar o Gráfico 5.

4. AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE CINZAS DO BAGAÇO DE CANA- DE- AÇÚCAR EM ARGAMASSAS MISTAS.

Autores: CASTRO, Tainara Rigotti de; MARTINS, Carlos Humberto. (2016)

A partir das análises realizadas por Castro e Martins, (2016) verificou-se que não houve diferenças significativas entre os valores médios de resistência à tração na flexão da argamassa referência e os valores daquelas fabricadas com 5%, 10% e 20% de substituição parcial de areia por CBCA.

Porém, ao ser considerada uma amostra de 15% foi apurado que a tração se mostrou significativamente diferente das demais, resultando em 95% do limite de confiança. Ou seja, até 10% de substituição parcial de cinza pesada por areia na produção de argamassas não altera as propriedades deste composto. Todavia, caso a substituição ocorra por valores superiores a 15%, seus resultados não são os melhores. Já a resistência à compressão axial da argamassa referência, e os valores daquelas fabricadas com 5%,

10% e 20% de substituição parcial, verifica-se que o aumento do teor de substituição parcial de areia por cinza até 10% nas argamassas aumenta sua resistência mecânica à compressão, conforme ilustra o Gráfico 6.

Os resultados obtidos, corroboram os demais resultados da resistência à compressão e se mantêm na média entre 10% e 8% da resistência à compressão relatada por diversos pesquisadores. Referente ao fenômeno da capilaridade, as amostras de referência obtiveram a maior média em termos de absorção conforme Gráfico 7. Portanto, conclui-se que as argamassas confeccionadas com as cinzas CBC-A e CBC-B, obtidas em lugares distintos, apresentam, portanto, potencial para sua utilização em obras de construção civil.

Gráfico 5. Módulo de elasticidade

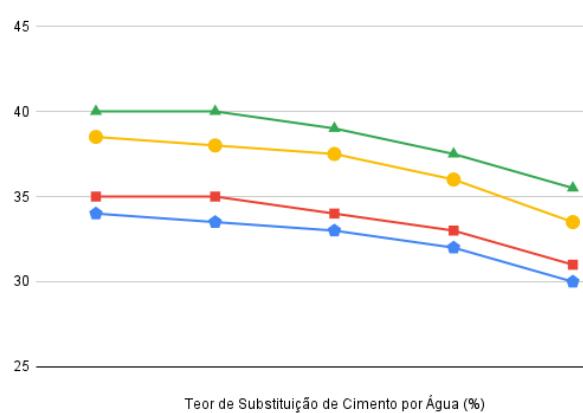


Gráfico 6. Resistência a compressão

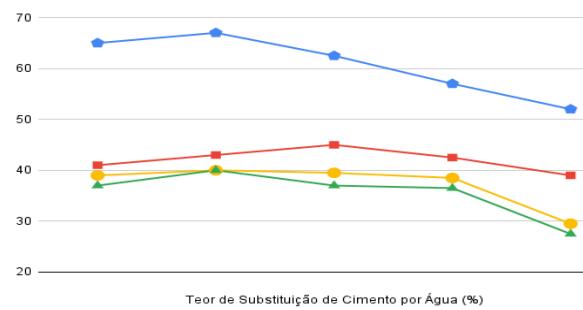
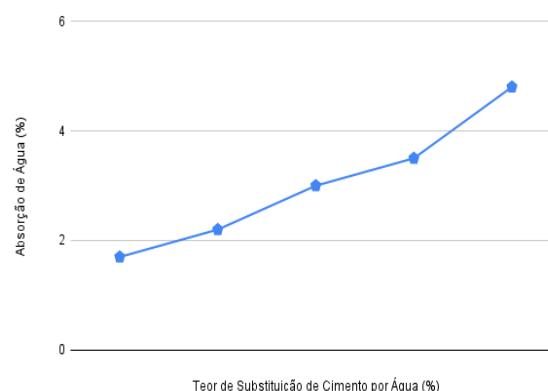


Gráfico 7: Absorção de água



Portanto, conclui-se que o uso do CBCA em argamassas mistas não apresentou coeficientes satisfatórios. Porém, diferentemente das outras pesquisas expostas ao longo deste artigo, podemos observar-se que nesse caso em específico, quanto maior o teor de substituição do cimento pela cinza do bagaço da cana de açúcar maior será a absorção por água e isso por sua vez na construção civil não é tão benéfico pois quanto maior a absorção de água maior o número de vazios, e quanto maior o número de vazios menor a resistência, princípio da capilaridade. A mesma coisa acontece nos ensaios de elasticidade e compressão quanto maior o índice de substituição do aglomerante pelo CBCA menor a elasticidade e a sua resistência à compressão.

RELAÇÃO 5 E 6: EFICÁCIA DO USO DO CBCA PARA DURABILIDADE ATRAVÉS DOS ENSAIOS DE TRAÇÃO E COMPRESSÃO

5. CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR (CBC) COMO ADIÇÃO MINERAL EM CONCRETOS PARA VERIFICAÇÃO DE SUA DURABILIDADE.

Autores: FERNANDES, Sérgio Eduardo *et al.* (2015)

A partir das análises realizadas por Fernandes *et al.* (2015) foi constatado que o melhor desempenho do traço com 20% de CBCA em relação ao concreto de referência. O traço de referência apenas apresentou um melhor desempenho comparado ao traço com 20% de CBCA nos ensaios de absorção por capilaridade, diante disso, os valores obtidos foram considerados equivalentes entre si.

Porém ao ser considerado outros resultados eles apuraram que o traço com 20% de CBCA obteve a menor profundidade de penetração de cloreto, comparando-se com seu respectivo traço de referência. Já o concreto produzido com 20% de CBCA obteve o melhor desempenho (menor desgaste superficial) quando comparado com o traço de referência.

6. CONCRETO COM CINZA DO BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR: AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE POR MEIO DE ENSAIOS DE CARBONATAÇÃO E ABRASÃO.

Autores: LIMA, Sofia Araújo *et al.* (2011)

A partir das análises realizadas por Lima *et al.* (2011), foram constatados que o melhor desempenho do concreto de referência é em relação ao concreto com a CBCA. Além disso, o acréscimo do CBCA no cimento portland do tipo II E 32, obtiveram valores de resistência à compressão maiores que os exemplares de referência, conforme Gráfico 8 e 9. Mediante a todos os experimentos realizados, chegaram à conclusão de que os concretos produzidos com 30% e 50% de CBCA apresentaram o menor valor de índice de vazios e, também, o menor valor de absorção entre todos os traços estudados (teoria da capilaridade). E que, o concreto produzido com 50% de substituição de agregado miúdo por CBCA obteve o melhor desempenho. Por fim, concluíram que a cinza do bagaço da cana-de-açúcar pode ser utilizada como material substituto parcial do agregado miúdo (30% a 50% de substituição) na produção de artefatos de concreto para infraestrutura urbana submetidos a ações abrasivas superficiais de intensidade leve.

Gráfico 8. Resistência à compressão

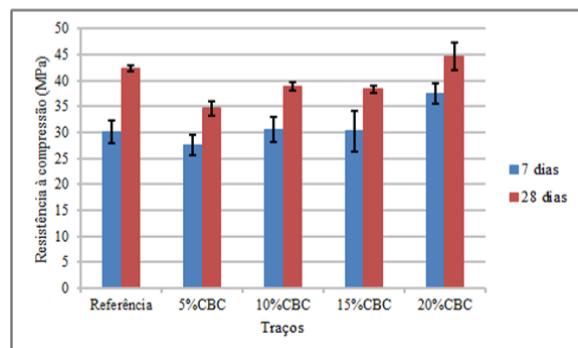
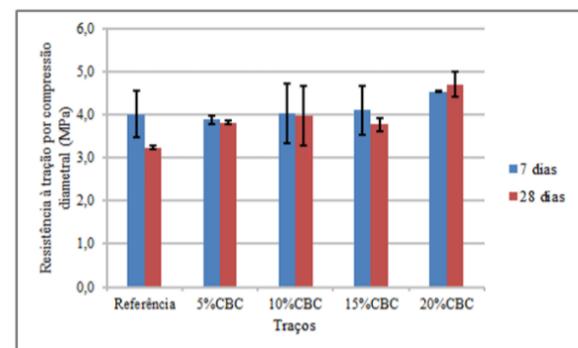


Gráfico 9. Resistência à tração



Dessa forma, mediante dos gráficos expostos, concluímos que o uso do CBCA na análise da durabilidade da massa de concreto tem valores bastante satisfatórios em relação ao valor de

referência iniciado (sem adição de CBCA). Vale salientar que, quanto maior a porcentagem de substituição do aglomerante com as cinzas, maior sua resistência, isso ficou evidente em ambos os ensaios realizados (tração e compressão). Aos 28 dias com 20% de CBCA a mistura apresentou um coeficiente de MPA muito favorável o que comprova que a cinza do bagaço da cana de açúcar pode parecer uma alternativa muito interessante para os índices de cimento e consecutivamente redução dos resíduos gerados ao meio ambiente através desse aglomerante.

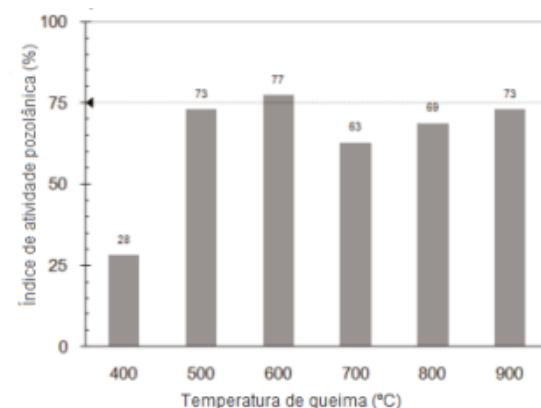
RELAÇÃO 7 E 8: EFICÁCIA DO USO DO CBCA PARA ENSAIOS DE À COMPRESSÃO

7. EFEITOS DA ADIÇÃO E SUBSTITUIÇÃO DE CINZA DO BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR EM MATRIZ CIMENTÍCIA.

Autores: SANTOS, Janekelly Vilela *et al.* (2020)

A partir das análises realizadas Santos *et al.* (2020), sob influência da pesquisa de Cordeiro, Toledo Filho e Fairbairn (2010) que avaliaram a influência de diferentes temperaturas de queima para obtenção de CBCA. Foi constatado que de acordo com a mensuração do índice de atividade pozolânica 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 pozolânico, conforme ilustrado no Gráfico 10.

Gráfico 10. Índice de atividade pozolânica de CBC em diferentes temperaturas de calcinação



8. ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CONCRETOS INCORPORADOS COM CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Autores: SILVA, Debora Andressa Mariano da *et al.* (2022)

A partir das análises realizadas por Silva *et al.* (2022), através do ensaio de compressão realizado de acordo com a norma NBR 5739 (ABNT, 2018). Foi constatado que o resultado da resistência de cada

traço, sendo consideradas para cálculo somente as amostras com desvio padrão máximo de 6% em relação ao valor médio das amostras. Observa-se o resultado na Tabela 2 encontrado no rompimento de 7, 14 e 28 dias.

Tabela 2. Resistência à compressão do concreto

Concreto	7 Dias (MPa)	14 Dias (MPa)	28 Dias (MPa)	Desv. Padrão (MPa)	Coef. Variação (%)
Ref.	17,80	18,50	19,50	0,90	4,59
10%	16,60	18,30	20,10	1,80	9,55
12%	15,40	17,40	21,30	3,00	16,64
14%	14,90	18,40	20,60	2,90	16,00
16%	16,20	17,80	20,20	2,00	11,14
18%	14,10	19,00	20,50	3,30	18,73
20%	18,60	20,30	20,50	1,00	5,27

Concluímos que, as análises realizadas por dois grupos de pesquisadores fornecem informações valiosas sobre a qualidade e desempenho dos materiais utilizados na construção civil. No primeiro estudo, a pesquisa de Janeckelly *et al.*, baseada em trabalhos anteriores, demonstrou que a temperatura de 600 °C é a mais indicada para a obtenção de CBCA. Essa temperatura permitiu que a cinza atingisse a porcentagem mínima de reatividade exigida pela norma. Já no segundo estudo, realizado por Débora *et al.*, o ensaio de compressão de acordo com a norma NBR 5739 revelou a resistência dos diferentes traços de material em diferentes períodos. Os resultados obtidos são relevantes para a avaliação da resistência e evolução do material ao longo do tempo. Ambas as análises contribuem para a melhoria da qualidade dos materiais e a segurança das construções.

RELAÇÃO 9 E 10: EFICÁCIA DO USO DO CBCA NA PRODUÇÃO DE CONCRETO ATRAVÉS DO ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA

9. CONCRETO SUSTENTÁVEL: O USO DE CINZAS DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR NA PRODUÇÃO DE CONCRETOS.

Autores: FREITAS, Lucas Ferreira *et al.* (2023)

A partir das análises realizadas por Freitas *et al.* (2023), que avaliaram a eficácia e influência da resistência do CBCA em corpos de prova com traços de 5%, foram rompidos no geral três corpos de provas. Foi constatado que de acordo com os ensaios realizados, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de múltipla comparação não houve diferença significativa entre a resistência dos 3 traços para o rompimento em 7 e 21 dias, sendo que, no 14º dia, também não houve diferença em T1 vs. T2. Porém, foi verificado que, aos 14 dias (T1 vs. T3; T2 vs. T3) e aos 28 dias, a resistência à compressão dos corpos de prova possui diferença estatística, indicando o aumento da resistência, conforme ilustração da Tabela 3.

Tabela 3. Resistência média dos corpos de prova de concreto em relação aos dias de cura e Slump Test.

Traço	% de cinza	Resistência média dos corpos de prova (MPa)			
		7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
T1	0	14,78±0,65	16,02±0,14	19,69±0,64	20,24±0,08
T2	5	14,59±0,19	16,05±0,06	20,03±0,35	20,98±0,09
T3	5	15,54±0,43	17,02±0,23	20,89±0,30	22,21±0,19

10. SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR CINZAS DE BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR EM CONCRETO.

Autores: CARDOZO, Calebe *et al.* (2023)

A partir das análises realizadas por Cardozo *et al.* (2023), avaliaram a eficácia e influência da resistência do CBCA em corpos de prova com traços de 2,5%, foram rompidos os corpos de provas e feito o ensaio de compressão. Foi constatado que de acordo com os ensaios realizados, quanto maior a adição de cinzas maior é o valor da absorção de água, através do princípio de capilaridade, o que afeta a resistência, isso ficou explicitado ao longo do estudo deles. Além disso, eles perceberam que a dosagem de cinza de bagaço de cana-de-açúcar influencia diretamente a resistência mecânica do concreto, ou seja, quanto mais cinza, menor a resistência e maior o índice de absorção de água pelo corpo de prova.

Gráfico 10. Gráfico Resistência Mecânica.

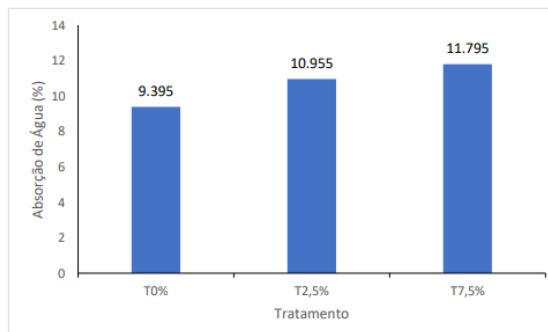
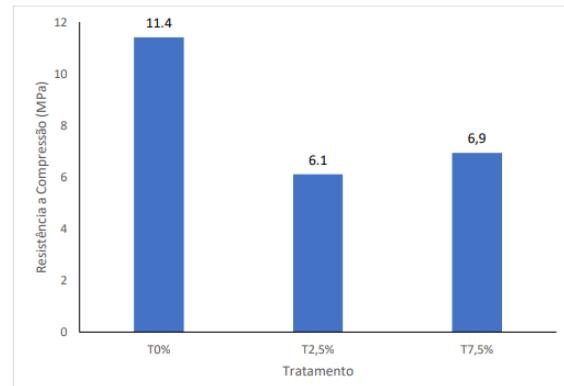


Gráfico 11: Gráfico Resistência Mecânica.



Conclui-se que, a partir das análises realizadas nos dois textos, podemos tirar algumas conclusões. No primeiro estudo, os pesquisadores avaliaram a

resistência do CBCA em corpos de prova com traços de 5%. Eles observaram que, no geral, não houve diferença significativa entre a resistência dos três traços nos rompimentos em 7 e 21 dias, mas aos 14 e 28 dias houve diferenças estatísticas, indicando aumento da resistência. Já no segundo estudo, os pesquisadores analisaram a influência da dosagem de cinza de bagaço de cana-de-açúcar na resistência do CBCA. Os autores constataram que quanto maior a adição de cinzas, maior é a absorção de água e menor é a resistência do concreto. Essas conclusões ressaltam a importância de encontrar a dosagem adequada de cinzas para garantir a resistência desejada no concreto, considerando também o tempo de cura.

A Tabela 4 apresenta a relação dos artigos selecionados para compor a etapa de análise dos resultados, destacando também a frequência com que esses trabalhos foram citados em outras publicações científicas, o que reforça sua relevância e impacto dentro da temática pesquisada.

Tabela 4. Artigos selecionados.

Título	Local da publicação	Nº Citação	Ano
Avaliação Da Adição De Cinzas Do Bagaço De Cana-De-Açúcar Em Argamassas Mistas	Ambiente Construído, Vol 12, N° 03	6	2016
Cinza De Bagaço De Cana-De-Açúcar (Cbc) Como Edição Mineral Em Concretos Para Verificação De Sua Durabilidade	Revista Matéria, Vol 20, N° 04	1	2015
Proposta Para Adição De Cinza Do Bagaço De Cana-De-Açúcar Como Material Pozolânico Em Pavimentações	Interfaces Científicas – Exatas E Tecnologia, Volume 4, N° 1	4	2020

Estudo Da Durabilidade E Influência Da Adição Da Cinza Do Bagaço De Cana-De-Açúcar Nas Propriedades Do Concreto	Universidade Tecnológica Federal Do Paraná	6	2019
Quantificação Da Emissão De CO ₂ Para Pavers Com Substituição Parcial De Areia Por Cinza Do Bagaço De Cana-de-Açúcar.	Revista Em Agronegócio E Meio Ambiente, Volume 9, N° 2	1	2016
Utilização Da Cinza Do Bagaço De Cana-De-Açúcar (Cbc) Como Substituto Do agregado Miúdo Na Produção De Concreto Para A Construção Civil	Engenharia E Tecnologia, Vol 9, N° 3	3	2017
Caracterização De Argamassas Produzidas Com Cinza Do Bagaço De Cana-De-Açúcar	Revista Brasileira De Ciência, Tecnologia E Inovação, Vol 4, N° 1	5	2019
Utilização Da Cinza Leve E Pesada Do Bagaço De Cana-De-Açúcar Como Aditivo Mineral Na Produção De Blocos De Concreto Para Pavimentação	Revista Em Agronegócio E Meio Ambiente, Volume 10, N° 4	4	2017

Desempenho De Microconcretos Fabricados Com Cimento Portland Com Adições De Cinza De Bagaço De Cana-De-Açúcar	Universidade Federal De Minas Gerais	6	2010	Desempenho De Argamassas Fabricadas Com Adição De Cinza De Bagaço De Cana-De-Açúcar	57º Congresso Brasileiro De Cerâmica 5º Congresso Iberoamericano De Cerâmica	2	2013
Análise De Argamassas Confeccionadas Com A Cinza Do Bagaço Da Cana-De-Açúcar Em Substituição Ao Agregado Miúdo	Universidade Federal De Minas Gerais	2	2009	Cinza Do Bagaço De Cana-De-Açúcar Como Agregado Em Concretos E Argamassas	Revista Eletrônica De Engenharia Civil	4	2014
Análise Do Comportamento Mecânico De Concretos Produzidos Com Incorporação De Cinza Do Bagaço Da Cana-De-Açúcar De Variedades Sp911049, Rb92579 E Sp816949	Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte	4	2013	Caracterização De Cinza Do Bagaço De Cana-De-Açúcar Para Emprego Como Pozolana Em Materiais Cimentícios	Química Nova, Vol 32, N° 1	1	2009
Avaliação Da Atividade Pozolânica Da Cinza Do Bagaço De Cana-De-Açúcar Utilizando Métodos Físicos	Universidade Federal De Pernambuco	1	2013	Potencial Da Cinza Do Bagaço Da Cana-De-Açúcar Como Material De Substituição Parcial De Cimento Portland	Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental	3	2009
Efeitos Da Adição E Substituição De Cinza Do Bagaço Em Matrizes Cimentícias	Brazilian Journal Of Development	2	2020	Caracterização E Uso Da Cinza Do Bagaço De Cana-De-Açúcar Em Tijolos De Solo-Cimento	Ambiente Construído, Vol 21, N° 1	3	2021
				Utilização Da Cinza De Bagaço Cana-De-Açúcar Como “Filler” Em Compostos De Fibrocimento	I Conferência Latino-Americana De Construção Sustentável X Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído	2	2004

Avaliação De Desempenho Da Cinza Do Bagaço De Cana-de-açúcar Na Produção De Concretos	Universidade Estadual De Maringá	6	2010
Utilização Da Cinza De Folha De Cana-De-Açúcar Como Material Pozolânico Em Matrizes Cimentantes	Universidade Estadual Paulista	1	2015
Análise Da Viabilidade Da Utilização Da Cinza De Bagaço De Cana-De-Açúcar Como Substituição Parcial Do Cimento Portland	Revista Eletrônica De Engenharia Civil, Volume 9, Nº 3	2	2014

CONCLUSÃO

Em conclusão, através de análise criteriosa de artigos científicos que foram utilizados e estudados, a conclusão obtida foi que o método apresentado nesse artigo é que o aproveitamento de um resíduo do subproduto da CBCA que já não tem mais destino, demonstrou ser valioso para área da engenharia e um bom aditivo/substituto na construção civil, ajudando diretamente na redução da degradação do meio ambiente e na melhoria de propriedades físicas. A indústria da construção civil é responsável por consumir 75% dos recursos naturais extraídos, além de gerar cerca de 80 toneladas de resíduos o (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável – CBCS, 2009), a extração do calcário do solo e a produção do cimento emite grande quantidade de dióxido de carbono no meio ambiente (Castro e Martins, 2016), esses dados de artigos são só algumas informações que demonstra que o método atual da construção civil está sendo muito nocivo ao meio ambiente. Assim, é nítido que o reaproveitamento destes resíduos gerados nas usinas sucroalcooleiras pela indústria de construção civil reduz significativamente as extrações de matérias-primas naturais e as emissões de gases de efeito estufa durante os processos produtivos, sendo o um dos meios mais viáveis e não nocivos ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

BERENGUER, Ramildo Alves. Estudo da durabilidade e influência da adição da cinza do bagaço de cana-de-açúcar nas propriedades do concreto. ATTENA Repositório Digital da UFPE, 2019.

CARBON BRIEF (ORG.). Perguntas e respostas: por que as emissões de cimento são importantes para a mudança climática. 2018.

CARDOZO, Calebe et al. Substituição parcial do cimento por cinzas de bagaço de cana-de-açúcar em concreto. 2023. 19 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Belo Horizonte, Belo Horizonte, 2023.

CARVALHO, Pablo Portrica R. A.; NAGANO, Marisa F. Utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBC) como substituto do agregado miúdo na produção de concreto para construção civil. Revista de Engenharia e Tecnologia, 2017.

CASTRO, Tainara Rigotti de; MARTINS, Carlos Humberto. Avaliação da adição de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar em argamassas mistas. Ambiente Construído, v. 16, n. 3, p. 137-151, set. 2016. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000300097>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. v. 6, safra 2019/2020, n. 1 – primeiro levantamento. Brasília. Acesso em: 10 ago. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Construção verde: desenvolvimento com sustentabilidade. Brasília: CNI, 2012.

CORDEIRO, Guilherme Chagas; TOLEDO FILHO, Romildo Dias; FAIRBAIRN, Eduardo de Moraes Rego. Caracterização de cinza do bagaço de cana-de-açúcar para emprego como pozolana em materiais cimentícios. Química Nova, v. 32, n. 1, p. 82-86, 2009. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422009000100016>.

DIAS, Gilka da Mata. Cidade sustentável – fundamentos legais, políticas urbanas, meio ambiente, saneamento básico. Natal: Ed. do Autor, 2009.

DELALIBERA, Rodrigo Gustavo et al. Análise da viabilidade da utilização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar como substituição parcial do cimento Portland (doi.: 10.5216/reec.v9i3.32023). Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Goiás, v. 9, n. 3,

p. 32-40, 24 nov. 2014. Universidade Federal de Goias. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v9i3.32023>

FERNANDES, Sérgio Eduardo et al. Cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como adição mineral em concretos para verificação de sua durabilidade. Matéria (Rio de Janeiro), v. 20, n. 4, p. 909-923, dez. 2015. <https://doi.org/10.1590/s1517-707620150004.0096>.

LIMA, Victor Marcelo Estolano de. Misturas binárias de cinza do bagaço da cana-de-açúcar com escória álcali-ativada. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

LIMA, Sofia Araújo et al. Concretos com cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão. Ambiente Construído, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 201-212, jun. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212011000200014>.

MARTINS FILHO, Sergio Tunis; MARTINS, Carlos Humberto. Quantificação da emissão de CO₂ para pavimentos com substituição parcial de areia por cinza do bagaço de cana-de-açúcar. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 9, n. 2, p. 431-448, 1 jul. 2016. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n2p431-448>.

MATOS, Wdyelle Elcine de Carvalho et al. Utilização de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar como material de preenchimento estrutural ou pozolânico para a produção de argamassas cimentícias: uma revisão. Revista Matéria, Piauí, v. /, n. 1, p. 1-20, 8 maio 2021.

OLIVEIRA, Sandra Tatiane Martins et al. 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, Joinville, SC, Brasil, p. 1-14, 10 out. 2017.

PAYÁ, J. et al. El factor de eficacia cementante de puzolanas silíceas y silico aluminosas muy reactivas. VIII Congreso Nacional de Propiedades Mecánicas de Sólidos, Grandia, 2002.

PÁDUA, Paula G. L.; BEZERRA, Augusto C. da S.; POGGIALI, Flávia S. J. Desempenho de argamassas fabricadas com adição de cinza de bagaço de cana-de-açúcar. ResearchGate, 2013.

PAULA, Marcos O. de et al. Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 353-357, jun. 2009. FapUNIFESP (SciELO).

<http://dx.doi.org/10.1590/s141543662009000300019>.

POGGIALI, Flavia Spitale Jacques. Desempenho de microconcretos fabricados com cimento Portland com adições de cinza de bagaço de cana-de-açúcar. 2010. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010

SILVA, Ana Carolina Amaral; MORAES, Tales Jaruzo; MACHADO, Lucas Ferreira Melo. Proposta para adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar como material pozolânico em pavimentações. Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas, v. 4, n. 1, p. 21-30, 15 abr. 2020. <https://doi.org/10.17564/2359-4942.2020v4n1p21-30>.

SILVA, Kenyson Diony Souza et al. Utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar na produção de concreto sustentável. Diálogos - Economia e Sociedades, Rondônia, v. 4, n. 1, p. 1-15, 23 set. 2020.

SILVA, Debora Andressa Mariano da et al. ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CONCRETOS INCORPORADOS COM CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR. Unifunec Científica Multidisciplinar, [S.L.], v. 11, n. 13, p. 1-10, 4 nov. 2022. Fundação Municipal de Educação e Cultura de Santa Fé do Sul. <http://dx.doi.org/10.24980/ucm.v11i13.4130>.

SANTOS, Jane Kelly Vilela et al. 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.

SANTOS, JV; NAHIME, B. de O.; SANTOS, IS dos; BASILEIRO, KPTV; KUNAN, PM; LOBO, FÁ; REIS, IC dos; ALVES, MM Efeitos da adição e substituição de cinza do bagaço da cana-de-açúcar em matrizes cimentícias / Efeitos da adição e substituição de cinza de pasta de cana-de-açúcar em matrizes cimentícias. Revista Brasileira de Desenvolvimento, [S. l.], v. 10, pág. 77494-77509, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n10-250.

SOUTO, Jean Marcelo Fernandes. Avaliação de desempenho da cinza do bagaço de cana-de-açúcar na produção de concretos. 2010. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

MATRICES. Brazilian Journal Of Development, [S.L.], v. 6, n. 10, p. 77494-77509, 2020.

Brazilian Journal of Development.
<http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n10-250>.

MOURA, Elda Marra de *et al.* Caracterização e uso da cinza do bagaço de cana-de-açúcar em tijolos de solo-cimento. **Ambiente Construído**, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 69-80, jan. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000100494>

MORAES, João Cláudio Bassan de. Utilização da cinza de folha de cana-de-açúcar como material pozolânico em matrizes cimentantes. 2015. 70 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho Faculdade de Engenharia, 2015.

SAMPAIO, Zodinio Laurisa Monteiro. Analysis of the Mechanical Behavior of Concretes Made by Combining ASH of the Bagasse of the Sugar-Cane of Varieties SP911049, RB92579 AND SP816949. 2013. 150 f. Dissertação (Mestrado em MECÂNICA DAS ESTRUTURAS, ESTRUTURAS DE CONCRETO E ALVENARIA E MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

TORRES, Sara Martins et al. Cinza do bagaço de cana-de-açúcar contribui para durabilidade do concreto. Assessing the Pozzolanic Activity of Sugarcane Bagasse Ash Using X-Ray Diffraction, Pernambuco, v. 1, n. 1, p. 1-1, 01 out. 2020.

VASCONCELOS, Marcela Correia de Araújo. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE POZOLÂNICA DA CINZA DO BAGAÇO DE CANA-DE-ACÚCAR UTILIZANDO MÉTODOS FÍSICOS. 2013. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife, 2013.

ZANELLA, Renato Michael; GARCIA, Paulo Roberto; GARCIA, Gabriella Faina. Caracterização de argamassas produzidas com cinza do bagaço de cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 71, 7 maio 2019. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. <http://dx.doi.org/10.18554/rbcti.v4i1.3370>.

ZARDO, AM; BEZERRA, EM; MARTELLO, LS; SAVASTANO Jr., H. Utilização da cinza de bagaço cana-de-açúcar como “filler” em compostos de fibrocimento. In: I Conferência Latino-americana de Construção Sustentável/x Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004, São Paulo. Anais. São Paulo: Entac, 2004.

WWF - BRASIL (ORG.). Sustentabilidade da teoria à prática.