

UTILIZAÇÃO DAS CINZAS DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR (CBC) NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Antônio Alves Ferreira Neto

*Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA
(antonionetoengenharia@gmail.com)*

Isabela Amorim Martins

*Bacharelada do Curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA
(bel.amorim12.07@gmail.com)*

Júlia Victória Ramos Alves

*Bacharelada do Curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA
(julia_victoria34@hotmail.com)*

Lucas Jacob da Silva Pina

*Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA
(lucasjacob381@gmail.com)*

Ana Lúcia Carrijo Adorno

*Professora Doutora do Curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA
(ana.carrijo@unievangelica.edu.br)*

RESUMO

Nos últimos anos, o emprego da sustentabilidade na construção civil tem sido ponderado cada vez mais. Essa implantação envolve o desenvolvimento de novas tendências construtivas, a criação de novas metodologias e de materiais que causam menos impactos no meio ambiente. No Brasil, um dos fatores para contribuição maléfica do meio ambiente é o cultivo da cana-de-açúcar. Como qualquer setor de produção industrial, o da cana de açúcar também gera consideráveis quantidades de resíduos que, se não forem aproveitados, representam desperdícios para o setor produtivo e oferecem riscos para o meio ambiente e sociedade. O bagaço da cana-de-açúcar é queimado nas caldeiras para geração combinada de calor e energia da usina, gerando a areia de cinza do bagaço, problema que os gestores da usina enfrentam no eventual descarte desse resíduo. Nas últimas décadas, o emprego de cinzas provenientes da agroindústria, tais como a da casca de arroz e mais recentemente a do bagaço de cana-de-açúcar tem sido bastante pesquisada. O objetivo central deste trabalho é apresentar uma revisão da literatura sobre a utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como um substituto promissor na desenvoltura dos estudos que buscam a sustentabilidade na construção civil, apresentando possíveis soluções da problemática, onde o descarte de grandes toneladas de bagaço da cana-de-açúcar, geradas pelas indústrias sucroalcooleiras, podem ser empregadas na construção civil, podendo ser utilizadas como material construtivo, trazendo melhorias financeiras, ambientais e aperfeiçoamento de técnicas já existentes.

PALAVRAS-CHAVE: Cana-de-açúcar. Concreto. Resíduos. Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

O conceito de sustentabilidade tem ganhado bastante destaque nas últimas décadas e na construção civil não é diferente, onde materiais que atendam aos requisitos de sustentabilidade são alvos de diversas pesquisas e estudos. A cadeia produtiva da indústria da construção é responsável por importantes impactos ambientais em todas as suas fases (LEITE *et al.*, 2014). A busca por novos materiais, preferencialmente os de origem renovável e natural tem se tornado cada vez mais crescente. Este movimento tem feito com que a indústria passe a priorizar a utilização de componentes produzidos com estes materiais, visto que o maior conhecimento e avanço tecnológico nesta área permitiu o seu melhor aproveitamento, através da constante busca por novas metodologias, processos menos poluentes e eficazes (GONÇALVES *et al.*, 2018).

Com as inúmeras inovações no setor construtivo, estudos e pesquisas vêm sendo desenvolvidas sobre novas metodologias de agregados e aditivos para o concreto, voltando-se para os três pilares importantes na construção civil: sustentabilidade, economia e qualidade. Dentre esses pilares, o que mais se destaca é a sustentabilidade, a qual tem conquistado mais visibilidade, por meio da empregabilidade de sistemas construtivos e materiais sustentáveis em todos os tipos de construção.

Os Resíduos da Construção Civil (RCC), segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos são: “os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis”. O RCC é gerado entre 0,4 a 0,7 t/hab.ano e representa 2/3 da massa dos resíduos sólidos municipais ou em torno do dobro dos resíduos sólidos domiciliares. (SINDUSCON, 2012)

No Brasil, para combater o problema com resíduos, foi necessário a criação da lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), que introduz a Política Nacional de Resíduos Sólidos, possuindo alguns princípios a serem seguidos, dentre eles estão: estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços; adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas, como forma de minimizar impactos ambientais; gestão integrada de resíduos sólidos.

Segundo a NBR 10.004 - Resíduos sólidos – Classificação (ABNT, 2004), os resíduos possuem a seguinte classificação: classe I, perigosos; classe II, não inertes; classe III, inertes, dentre outras, considerando suas características e o risco oferecido à população e ao meio ambiente. Sendo que os resíduos da construção civil se enquadram na classe III (inertes), a qual abrange resíduos que não se decompõem quando descartados no solo, degradam-se muito lentamente, assim surge a necessidade de aplicar as técnicas de reciclar ou reutilizar os resíduos gerados por esse setor.

Atualmente, o que tem ganhado prioridade nas empresas é a preocupação com o meio ambiente, que vêm buscando maneiras de produção mais sustentáveis, elaborando um conjunto de ações, mais conhecido por logística reversa. A logística reversa tem como intuito viabilizar o retorno de produtos para seu ciclo produtivo, por meio de canais de pós-venda e pós-consumo, reduzindo os impactos ambientais e melhorando a imagem das empresas perante a sociedade (RIBEIRO *et al.*, 2016).

Dentre inúmeros produtos construtivos, destaca-se o concreto, um dos materiais mais utilizados na construção civil, caracterizando-se por ser basicamente um composto originado da mistura de pelo menos um aglomerante. Define-se, também, por ser uma rocha artificial, que foi obtida por meio de uma mistura de um aglomerante, geralmente cimento *portland*, água, agregado graúdo (brita), agregado miúdo (areia), contendo ou não adicionais químicos. Além desses fatores, o concreto possui resistência à compressão, trabalhabilidade, consistência e durabilidade, porém contendo uma série de limitações,

como baixa resistência à tração, fragilidade e baixa capacidade de deformidade do material, antes da ruptura (LIMA *et al.*, 2014). A combinação com armadura de aço provê, aos elementos estruturais de concreto, resistência à tração e ductilidade necessárias, podendo aumentar a ductilidade e a resistência à compressão. Também pode-se aumentar a resistência à tração e compressão, bem como a ductilidade do concreto com a adição de fibras, que pode trazer outros benefícios, como diminuição da retração, melhoria no comportamento pós-fissuração, à erosão e à fadiga, maior resistência ao impacto, dentre outros (VELASCO, 2012).

Por ser um dos materiais mais utilizados em obras, o concreto sempre está em fase de inovações e dentre essas inovações está o uso da cinza do bagaço da cana-de-açúcar. Diversas pesquisas abrangem análises e estudos com a utilização desse material, com a finalidade de obter impactos sustentáveis, além de inovadores, abrangendo as cinzas com diversas finalidades na construção civil.

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do planeta, com o estado de São Paulo sendo o maior estado produtor, correspondendo a 55% da produção do país. Goiás é o segundo na lista dos maiores produtores, seguido por Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. A safra 2020/21 de cana-de-açúcar no Brasil indica produção de 642,1 milhões de toneladas do vegetal (CROPLIFE BRASIL, 2019).

Durante o procedimento de queima do bagaço da cana, origina-se um grande número de cinzas, por isso deve-se formular metodologias para propositar o descarte adequado desse material. Segundo Matos (2017), a introdução da sustentabilidade no dia a dia da construção civil é necessária, visto que há materiais que agredem o meio ambiente e conseqüentemente prejudica o desenvolvimento sustentável.

2 A CANA-DE-AÇÚCAR

2.1 DEFINIÇÃO, ORIGEM E COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A cana-de-açúcar classifica-se botanicamente como uma planta da família Poaceae, a qual pertence ao gênero *Saccharum*. Atualmente, tem-se por conhecimento seis espécies, das quais se originam a grande variabilidade genética dos híbridos comerciais cultivados no Brasil, que são: *S. Officinarum*, *S. Robustum*, *S. Spontaneum*, *S. Barberi*, *S. Sinensi* e *S. Edule* (MOZAMBANI, 2006).

Na Europa, o público consumidor do açúcar eram os reis e nobres, onde adquiriam a especiaria por meio de mercadores monopolistas, que preservavam relações comerciais com o Oriente, a fonte de abastecimento do produto. A cerca de 30 anos da vinda dos portugueses para o Brasil, foi Martim Affonso de Souza que trouxe o primeiro broto de cana ao país, começando seu plantio na Capitania de São Vicente. Mas foi no Nordeste, sobretudo nas capitanias de Pernambuco e da Bahia, que os engenhos de açúcar se avançaram (UDOP, 2003).

A cana-de-açúcar é uma cultura bastante difundida no Brasil, sendo industrialmente utilizada para produção de açúcar e álcool. No ranking de produção e exportação de etanol e açúcar do mundo, o Brasil é o campeão e abrange o primeiro lugar. A constante procura por combustíveis renováveis, que reponham o petróleo e não seja tão desfavorável ao meio ambiente, torna a cana-de-açúcar um hábito de relevância universal na busca da sustentabilidade.

O setor sucroalcooleiro iniciou-se nos engenhos, propriedades em que se agricultava a cana-de-açúcar. Além de produzir açúcar, os engenhos fabricavam cachaça (aguardente), álcool e melaço, entre outros produtos. A confecção de açúcar e álcool gera incontáveis subprodutos de valor econômico, entre eles o bagaço e a ponta de cana-de-

açúcar, os quais tem sido o propósito de grande valia como origem de alimento para os ruminantes.

O bagaço e outros subprodutos fibrosos consistem essencialmente em celulose, hemicelulose e lignina. Celulose e hemicelulose são unidas em sistemas encapsulados em lignina. Embora as enzimas existentes no rumen tenham a capacidade de hidrolisar a celulose, é difícil aproximá-las do ponto em que os polímeros de celulose podem ser quebrados.

2.3 CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

A lavoura de cana-de-açúcar continua se expandindo no Brasil. A área destinada à produção de cana-de-açúcar na safra 2015/16 foi de 8.654,2 mil hectares, representando um aumento de 3,9% em relação ao número obtido na temporada anterior. Esse aumento da área pode ser explicado devido ao crescimento natural das áreas das usinas instaladas, das áreas de renovação e, também, do aumento de moagem de terminadas unidades produtivas (CONAB, 2016).

Informações divulgadas pelo Centro de Tecnologia Canavieira indicam que foram colhidas 71,6 toneladas de cana-de-açúcar por hectare, em abril de 2022, o que representa uma queda de 1,3% no rendimento agrícola da lavoura, na comparação com o mesmo período na safra 2021/2022, 72,5 toneladas por hectare (ÚNICA, 2022). Só o estado do Paraná produz cerca de 46.000 toneladas de cana-de-açúcar, respondendo por 5% da produção de cana do país.

Goiás deve colher 73,4 milhões de toneladas de cana-de-açúcar na safra 2021/2022, ocupando o posto de segundo maior produtor nacional. As informações são da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022) e enfatizados na publicação Agro em Dados, do mês de junho, da Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - SEAPA. Conforme esses dados, o estado é o autor por 11,7% da produção nacional de cana-de-açúcar e tem produtividade média estimada de 76,3 toneladas por hectare, o que retrata acréscimo de 0,2% em comparação ao ano anterior.

3 RESÍDUOS DA CANA-DE-AÇÚCAR

Como qualquer setor de produção industrial, o da cana de açúcar também gera consideráveis quantidades de resíduos que, se não forem aproveitados, representam desperdícios para o setor produtivo e oferecem riscos para o meio ambiente e sociedade.

O bagaço da cana-de-açúcar é queimado nas caldeiras para geração combinada de calor e energia da usina, gerando a areia de cinza do bagaço, problema que os gestores da usina enfrentam no eventual descarte desse resíduo.

Todas as cinzas são subprodutos diretos de atividades industriais e/ou agroindustriais, também podem ser provenientes da combustão de outros resíduos, pois combinam com o processo de sua criação. Ocupam um lugar de destaque entre resíduos agrícolas (celulose, polpa, bagaço etc.), pois são resultados de diferentes processos de produção e secagem de energia, que podem gerar problemas de armazenamento e impacto ambiental, pois são gerados ao final da cadeia produtiva (BESSA, 2011).

Os impactos da atividade sucroalcooleira no meio ambiente devem ser reconhecidos em ligação à produção agrícola e à produção industrial. Esses efeitos introduzem a poluição do ar, pela queima de cana-de-açúcar e uso de etanol combustível; o impacto da utilização de áreas para novos plantios, inclusive na biodiversidade; impactos

na conservação e erosão do solo; uso de recursos hídricos e qualidade da água e no uso de agrotóxicos e fertilizantes (RELATÓRIO UNICA, 2005).

3.1 APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Existem usos não energéticos para o bagaço da cana, alguns deles já viabilizados comercialmente. Destaca-se seu emprego como matéria-prima na indústria de papel e papelão, na fabricação de aglomerados, na indústria química, como material alternativo na construção civil, como ração animal e na produção de biomassa microbiana.

Diversas pesquisas científicas estão sendo desenvolvidas sobre a cinza proveniente do bagaço da cana-de-açúcar como um suplemento mineral, onde referenciam a viabilidade da cinza para substituição parcial do cimento Portland em argamassas, concretos ou substituindo agregado miúdo (ABREU *et al.*, 2021).

A crescente elevação do custo da areia natural abre espaço para a entrada de outros materiais, como os resíduos, sendo esses de custo bem inferior aos correlatos naturais (SALES; LIMA, 2010). As cinzas, que não possuem reatividade, podem ser usadas como material de carga inerte, em substituição aos agregados finos em matrizes cimentícias (FERNANDES *et al.*, 2015).

A reatividade das cinzas depende da sua composição química, que é influenciada pelo tipo de solo, processo de produção e pelo produto que gerou a cinza. Quando o processo de queima não é eficiente, a cinza apresenta um elevado teor de carbono. Cinzas predominantemente siliciosas, com finura adequada e que possam ser produzidas no estado vítreo podem ser utilizadas como aglomerantes (JOHN *et al.*, 2003).

Uma das opções para o aproveitamento dos resíduos da cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) é a reciclagem da areia produzida. O uso das cinzas do bagaço da cana-de-açúcar tem sido estudadas por vários cientistas, na tentativa de evitar os problemas consequentes da sua má disposição, utilizando-a como matéria-prima no desenvolvimento de tecnologias alternativas para materiais de construção (ALMEIDA, 2013).

A CBC possui características químicas adequadas para o emprego como suplemento mineral, principalmente devido aos altos teores de dióxido de silício e perda ao fogo, mas, necessita-se da realização da moagem dos grãos, para aumentar a superfície específica das partículas, garantindo melhor reatividade (MORETTI, 2014).

4 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA CBC

A cinza, que é proveniente da queima do bagaço da cana-de-açúcar, tem como principal característica química a sílica, que normalmente aparece em quantidades superiores a 60% em massa. Dependendo das condições utilizadas na queima do bagaço, é ainda possível manter a sílica contida no bagaço em estado amorfo. A CBC representa, hoje, um grande potencial para o fornecimento de adição mineral para a indústria de cimento e concreto (CORDEIRO, 2006).

Essa característica poderá possibilitar o emprego desse resíduo como pozolana e, por conseguinte, reduzir as despesas e o impacto ambiental relativos à sua disposição no meio ambiente. Além disso, a incorporação da cinza pode agregar valor econômico ao resíduo agroindustrial e proporcionar vantagens técnicas e ambientais com a substituição parcial de cimento Portland (CORDEIRO *et al.*, 2009).

A pozolana é um material inorgânico, natural ou artificial, sílico ou alumino-silicoso, que pode estar apresentando propriedades aglomerantes, quando passado por um processo minucioso de moagem e quando se tem a presença de água e hidróxido de cálcio. Desde tempos da Roma Antiga, o emprego da pozolona como um material cimentício é

conveniente. Documentos registram que, por volta de 2000 anos, os romanos já utilizavam as cinzas de origem vulcânica, proveniente da região de Pozzuoli, atualmente Itália, em suas construções, dando o nome ao material, por conta de seu lugar de origem.

A cinza usada como adição mineral, em conjunto com cimento, pode promover materiais com maior estabilidade química e resistência à compressão e principalmente, com redução na permeabilidade do concreto, devido às interações na estrutura porosa, através da redução e refinamento da quantidade de poros. Este conjunto de interações dá origem a concretos com melhores características de durabilidade.

5 PESQUISAS REALIZADAS SOBRE CBC

Nas últimas décadas, o emprego de cinzas provenientes da agroindústria, tais como a da casca de arroz e mais recentemente a do bagaço de cana-de-açúcar, tem sido bastante pesquisada, com destaque para os estudos que Mehta (2008) e seus colaboradores desenvolveram na Universidade da Califórnia, em Berkeley. Pesquisadores como Toledo Filho (2008), Cordeiro (2006), Zardo (2004) dentre outros, muito têm contribuído para o desenvolvimento desta tecnologia no país.

Souto (2010) elaborou uma análise do desempenho da CBC na produção de concreto, obtendo resultados promissores ao se analisar a reação de hidratação, que se dá pela reação química entre silicatos e aluminatos com a água, a resistência à compressão e ao seu potencial pozolânico, que se assemelha aos “fillers” existentes no mercado.

Nunes (2008) verificou que o potencial pozolânico esperado da CBC, em função do elevado teor de silicato na sua constituição, fora abaixo dos índices mínimos exigidos em norma da ABNT 5736. Porém, a adição da CBC em concretos elevou, de forma significativa, a resistência à compressão axial do concreto.

Para ser utilizada como aditivo mineral no concreto, a cinza residual da cana-de-açúcar deve ter propriedades físicas e químicas apropriadas. O grande tamanho da partícula apresentada pela cinza residual do bagaço, sugere a necessidade de redução da granulometria, para aumentar a superfície específica e a reatividade das cinzas (CORDEIRO *et al.*, 2004).

Segundo Dhengare *et al.* (2015), quando a cinza do bagaço é moída em pequenas partículas, a resistência à compressão do concreto, contendo esta cinza de bagaço, ocorreu uma melhora significativa. Baixos valores de permeabilidade à água são causados, principalmente, pela reação pozolânica. Quanto maior a fração de reposição de Cimento Portland por cinza de bagaço moído, maior o tempo de atraso para aumento da temperatura. Nos estudos de Dhengare *et al.* (2015) o concreto, contendo até 30% de cinza de bagaço moída, apresentou maior resistência à compressão e uma permeabilidade à água menor que o concreto sem as cinzas, tanto na idade de 28, quanto na de 90 dias.

Paula (2009), por meio do seu experimento com argamassas, chegou aos seguintes resultados: argamassas com maiores teores de cinza foram mais porosas e com maior absorção de água. Os resultados dos ensaios de compressão, aos 28 dias, indicaram a viabilidade de substituição de até 20% de cimento por CBC, sem prejuízo da resistência. A obtenção de cinzas com maiores teores de sílica reativa, principalmente por meio de procedimentos de queima melhor ajustados, pode permitir maiores teores de substituição ou melhorias mais significativas nas propriedades físicas e mecânicas das argamassas.

Lima (2009), em seu trabalho, observou 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.

Outro estudo realizado foi o desenvolvido por Martins Filho e Alves (2017), que apresenta grande avanço tecnológico no ramo da construção civil. A pesquisa mostrou que com dosagem e traços certos, o uso da cinza do bagaço da cana-de-açúcar, como substituição parcial do agregado miúdo, traz resultados consideráveis. O traço confeccionado com 30% de substituição apresentou aumento na resistência à compressão do concreto, quando comparado ao traço padrão. O traço, com 40% de substituição, manteve-se a mesma resistência em relação ao traço padrão e ao de 30% de substituição, considerando os respectivos desvios padrão. Porém, o traço que apresentou 50% de substituição, possuiu resistência inferior aos demais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreendido que, apesar de ser uma descoberta consideravelmente recente, é uma prática muito competente para melhoria de processos da construção civil juntamente com alternativas para o aproveitamento de resíduos provenientes de outros processos industriais.

A substituição da CBC na composição do cimento, trouxe resultados que igualam e até superam o traço padrão, mostrando eficiência na trabalhabilidade e resistência nos ensaios propostos. Por se tratar de resíduo que sofreu outros processos, requer ensaios físico-químicos para análise das características particulares de cada amostra coletada.

Apresentados métodos e conclusões aceitáveis para a incorporação, o ramo da construção civil se evolui tecnologicamente a cada momento, desenvolvendo para o futuro soluções de problemas presentes, melhoria de processos e produtos e além da sustentabilidade para um melhor convívio entre o ser humano e suas edificações com o meio ambiente.

Entretanto, o objetivo central é reunir a solução de um problema que se torna crescente a cada dia, o descarte de grandes toneladas de bagaço da cana-de-açúcar, geradas pelas indústrias sucroalcooleiras, com seu emprego na construção civil, podendo ser utilizado como material construtivo, trazendo melhorias financeiras, ambientais e aperfeiçoamento de técnicas já existentes.

REFERÊNCIAS

ABREU, Ennes do Rio *et al.* **Avaliação das características do concreto produzido com a cinza do saco da cana-de-açúcar em substituição parcial do cimento Portland e sua viabilidade econômica.** 2021.

ALMEIDA, F. DO C. R. Avaliação do potencial de corrosão de armaduras em concretos com substituição parcial do agregado miúdo pela areia de cinza do bagaço da cana-de-açúcar - ACBC. **repositorio.ufscar.br**, 25 jan. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Resíduos sólidos.** Classificação, NBR 10.004. Rio de Janeiro, p. 5, 2004.

BESSA, Sofia Araújo Lima. **Utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como agregado miúdo em concretos para artefatos de infraestrutura urbana.** 2011.

Disponível em:

<<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4184/4074.pdf?sequence=1>>.

Acesso em: 22 jun. 2022.

Conab, 2016 - **Per I do Setor do Açúcar e do Etanol no Brasil**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/perfil-do-setor-sucroalcooleiro/item/download/26992_71d0aa6fb4ab68dfcdd8ef4e5b180138>. Acesso em: 10 jun. 2022.

Conab, 2022 - **Cana-de-açúcar deve ter aumento de produção na safra 2022/2023**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4601-cana-de-acucar-deve-ter-aumento-de-producao-na-safra-2022-2023>>. Acesso em 02 jun. 2022.

CORDEIRO, G. C. **Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto**. (tese de doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/4g5xG8jd5LGqNRlyBDrNFyg/abstract/?lang=pt>> . Acesso em 02 jun. 2022.

CORDEIRO, Guilherme C. et al. Influência da moagem mecânica na atividade pozolânica da cinza residual do bagaço de cana-de-açúcar. In: **Anais da Conferência Internacional RILEM sobre o Uso de Materiais Reciclados na Construção e Estruturas, Barcelona, Espanha**. 2004. pág. 731-40.

CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRNAIRN, E DE M. R. **Caracterização de cinza do bagaço de cana-de-açúcar para emprego como pozolona em materiais cimentícios**. Química Nova, v. 32, n.1, p. 82-86, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/b369LbWjqHzbR5zkwvmxKdK/?lang=pt#:~:text=A%20cinza%20proveniente%20da%20queima,acima%20de%2060%25%20em%20massa.&text=De%20acordo%20com%20as%20condi%C3%A7%C3%B5es,no%20baga%C3%A7o%20em%20estado%20amorfo.>> Acesso em 02 jun. 2022.

CROPLIFE BRASIL. **Cana-de-açúcar: mais de 500 anos sendo uma importante cultura para a economia brasileira**. Disponível em: <<https://croplifebrasil.org/conceitos/cana-de-acucar-mais-de-500-anos-sendo-uma-importante-cultura-para-a-economia-brasileira/#:~:text=O%20estado%20de%20S%C3%A3o%20Paulo>>. Acesso em: 15 mar. 2022.

DHENGARE, Sugar et al. Utilization of sugarcane bagasse ash as a supplementary cementitious material in concrete and mortar—a review. **J Impact Factor**, v. 6, n. 4, p. 94-106, 2015.

FAPESP, 1998. **Propriedades do bagaço da cana-de-açúcar**. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/propriedades-do-bagaco-da-cana-de-acucar/#:~:text=Alguns%20autores%20afirmam%20que%20esse>>. Acesso em: 01 jun. 2022.

FERNANDES, S. E. 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, p. 909–923, 2015.

FILHO, S. T. M.; ALVES, L. S. **Concreto com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar com granulometria específica**. Synergismus scyentifica UTFPR, v. 12, n. 1, p.

237–246, 23 nov. 2017. Disponível em:
<<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/2242>>. Acesso em 02 jun. 2022.

GONÇALVES, F. A. C.; AMARAL, E. L. S.; LOPES JUNIOR, J. L.; LOPES, B. L. S.; RIBEIRO JUNIOR, L. S.; BRABO, D. R.; AMARANTE, C. B. Fibras Vegetais: Aspectos Gerais, Aproveitamento, Inovação Tecnológica e uso em Compósitos. **Revista Espacios**, v. 39, n. 6, p. 12-27, 2018.

HERNÁNDEZ, M. J. F. M.; MIDDEENDORF, B.; GEHRKE, M.; BUDELMANN, H. Use of wastes of the sugar industry as pozzolana in lime-pozzolana binders: study of the reaction. *Cement and Concrete Research*, v. 28, p. 1525-1536, 1998.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil - contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese-Escola Politécnica, Universidade São Paulo. São Paulo-SP, 2000. 102p.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. G. **Cinzas e aglomerantes alternativos**. In: **Tecnologias e materiais alternativos de construção** / W. J. Freire, A. L. Beraldo (coord.) - Campinas, SP: Ed UNICAMP. 2003.

LEITE, J. C. P. S.; NETO, M. T. R. Meio Ambiente e os Embates da Construção Civil. **Construindo**, v. 6, n. 2, p. 40–49, 2014.

LIMA, S. F.; LIMA, C. I. V.; COUTINHO, C. O. D.; AZEVEDO, G. G. C.; BARROS, T. Y. G.; TAUBER, T. C. Concreto e suas inovações. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 31–40, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/1285>>. Acesso em: 06 mar. 2022.

LIMA, S. A. et al. **Análise de argamassas confeccionadas com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar em substituição ao agregado miúdo**. *Revista Tecnológica*, p. 87–97, 2009. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/8747>>. Acesso em 02 jun. 2022.

MATOS, G. D. S.; REIS, M. D. S.; LIMA, M. N. F. D.; ROCHA, N. V. G. D.; CASTRO, T. G. D.; BENARROSH, P. F. P. M. MÉTODOS E MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Revista FAROCIENCIA (ISSN 2359-1846)**, v. 4, n. 1, 2 jun. 2017. Disponível em: <<https://revistas.faro.edu.br/FAROCIENCIA/article/view/164>>. Acesso em: 22 mar. 2022.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M., 2008, *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*, 1 ed. São Paulo: Editora Pini, 616 p. Disponível em: < Loja Virtual IBRACON. Disponível em: <<https://www.ibracon.org.br/loja/detalhes/4156>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

MORETTI, Juliana Petermann. **Estudo de viabilidade técnica da utilização da ACBC e do RCC na composição de concretos**. 2014.

MOZAMBANI, A.E; PINTO, A.S; SEGATO, S.V; MATTIUZ, C.F.M. História e morfologia da cana-de-açúcar, In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M.

Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba:-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2006. p.11-18

NBR 5736 Cimento Portland pozolânico. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/04/nbr-05736-1991-cimento-portland-pozolc3a2nico.pdf>>. Acesso 02 jun. 2022.

NUNES, I. H. S. et al. Estudo das características físicas e químicas da cinza do bagaço de cana-de-açúcar para uso na construção. *Revista Tecnológica*, v. 17, n. 1, p. 39–48, 2008. Disponível em: < <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/8728> >. Acesso 02 jun. 2022.

PAULA, Paulo Roberto Freire de. **Utilização dos resíduos da construção civil na produção de blocos de argamassa sem função estrutural.** 2010. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010.

PAULA, M. 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**, v. 13, n. 3, p. 353–357, jun. 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/34KLYcZYPyhR3qSYgyqJcDy/?lang=pt#:~:text=Este%20trabalho%2C%20voltado%20para%20a,nos%20pr%C3%B3ximos%20anos%2C%20em%20decorr%C3%A2ncia>>. Acesso em: 23 mar. 2022.

RELATÓRIO UNICA. **A Energia da Cana-de-Açúcar** - Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade / Isaias de C. Macedo (org.); Eduardo P. de Carvalho (apres.). São Paulo: Berlendis & Vertecchia: ÚNICA - União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo, 2005.

RIBEIRO, Denise; DE MOURA, Larissa Santos; DOS SANTOS PIROTE, Natália Stéfanie. Sustentabilidade: formas de reaproveitar os resíduos da construção civil. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 20, n. 31, p. 41-45, 2016.

RODRIGUES, R. C.; PEIXOTO, R. R. Avaliação nutricional do bagaço de cana-de-açúcar de micro destilaria de álcool para ruminantes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 22, n. 2, p. 212-221, 1993.

SALES, A.; LIMA, S. A. Use of Brazilian Sugarcane Bagasse Ash in Concrete as Sand Replacement. **Waste Management**, v. 30, n. 6, p. 1114-1122, 2010.

SINDUSCON. **Resíduos da construção civil e o estado de São Paulo.** 2012. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/sigor/wp-content/uploads/sites/37/2014/12/Res%C3%ADduos-da-Constru%C3%A7%C3%A3o-Civil-e-o-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo.pdf>>. Acesso em 22 jun. 2022.

SOUTO, Jean Marcelo Fernandes. **Avaliação de desempenho da cinza do bagaço de cana-de-açúcar na produção de concretos.** 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Disponível em:< <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3547>>. Acesso em 23 mar. 2022.

UDOP, 2003. **A História da Cana-de-açúcar - Da Antiguidade aos Dias Atuais.** Disponível em: <<https://www.udop.com.br/noticia/2003/01/01/a-historia-da-cana-de>>

acucar-da-antiguidade-aos-dias-atuais.html#:~:text=O%20a%C3%A7%C3%BAcar%20era%20consumido%20por>. Acesso em: 22 jun. 2022

ÚNICA REDAÇÃO, P. **Moagem da cana tem queda de 26,6%, aponta Unica**. Disponível em: <<https://portalmaquinasagricolas.com.br/moagem-da-cana-tem-queda-de-266-aponta-unica/#:~:text=Informa%C3%A7%C3%B5es%20divulgadas%20pelo%20Centro%20de>>. Acesso em: 10 jun. 2022,

VELASCO, Marta de Souza Lima. **Estudo do comportamento à fadiga em compressão do concreto com fibras**. 2012. Tese de Doutorado. PUC-Rio. Disponível em: <<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=34905@1>>. Acesso em: 06 mar. 2022.

ZARDO, A. M.; BEZERRA, E. M.; MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JUNIOR, H. **Utilização da cinza de bagaço cana-de-açúcar como filler em compostos de fibrocimento**. In: Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 1 e Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10, São Paulo, SP, 2004. Anais. Porto Alegre, 2004. v. 1, p. 1-13. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/41328184-Utilizacao-da-cinza-de-bagaco-cana-de-acucar-como-filler-em-compostos-de-fibrocimento.html>>. Acesso em: 02 jun. 2022.^o