

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZO
CENTRO PAULA SOUZA

Daniel Henrique Gonçalves Delgado
Gustavo Alves Rosa
Manuely Costa Delatim
Rafaela Soligo da Silva

CONCRETO ELABORADO COM ADIÇÃO DE CINZA PROVENIENTE
DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Fernandópolis
2025

Daniel Henrique Gonçalves Delgado
Gustavo Alves Rosa
Manuely Costa Delatim
Rafaela Soligo da Silva

CONCRETO ELABORADO COM ADIÇÃO DE CINZA PROVENIENTE DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para
obtenção de Habilitação Profissional
Técnica de Nível Médio de **Técnico em
Açúcar e Alcool**, no Eixo Tecnológico de
Produção Industrial, à Escola Técnica
Estadual Professor Armando José
Farinazzo, sob orientação da professora
Tamires Cavalcante Francisco

Examinadores:

Tamires Cavalcante Francisco

Joel Gouveia Baptista

Andressa Delago Pescaroli

Fernandópolis
2025

CONCRETO ELABORADO COM ADIÇÃO DE CINZA PROVENIENTE DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Daniel Henrique Gonçalves Delgado
Gustavo Alves Rosa
Manuely Costa Delatim
Rafaela Soligo da Silva

RESUMO: Um dos setores que mais afetam o meio ambiente é a construção civil, principalmente por causa do alto consumo de cimento Portland, cuja fabricação gera grandes emissões de dióxido de carbono e elevado consumo de energia. Neste cenário, o objetivo deste estudo foi analisar a viabilidade de substituir parcialmente o cimento Portland por cinza do bagaço da cana-de-açúcar na fabricação de concreto, com o intuito de reutilizar um resíduo agroindustrial e diminuir os efeitos ambientais. A metodologia se apoiou tanto na revisão da literatura sobre cimento, agregados e materiais pozolânicos quanto na execução de testes experimentais em laboratório. Dois traços de concreto foram elaborados: um de referência, sem adição de cinza, e outro com 10% de substituição parcial do cimento pela cinza do bagaço. Após o período de cura de 28 dias, foram realizados testes de resistência ao impacto e absorção de água. Os resultados mostraram que o concreto sem aditivos teve maior resistência ao impacto, ao passo que a mistura com cinza apresentou menor capacidade de absorção de água. Apesar de os resultados não terem correspondido totalmente às expectativas iniciais em relação à resistência mecânica, a pesquisa demonstrou o potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como um material alternativo. Isso ressalta a importância de mais estudos para ajustes metodológicos, padronização dos materiais e expansão dos testes, com o objetivo de desenvolver um concreto mais sustentável e eficaz.

Palavras-chave: Cimento portland; Cinza do bagaço da cana-de-açúcar; Concreto sustentável; Resíduos agroindustriais; Construção civil.

ABSTRACT: One of the sectors that most affect the environment is construction, mainly because of the high consumption of Portland cement, whose manufacture generates large emissions of carbon dioxide and high energy consumption. In this scenario, the objective of this study was to analyze the feasibility of partially replacing Portland cement with sugarcane bagasse ash in concrete manufacturing, in order to reuse an agro-industrial residue and reduce environmental effects. The methodology was based on both the review of the literature on cement, aggregates and pozzolanic materials as well as the execution of experimental tests in the laboratory. Two traces of concrete were prepared: one reference, without addition of ash, and another with 10% partial replacement of cement by ash bagasse. After the cure period of 28 days, impact resistance and water absorption tests were performed. The results showed that the concrete without additives had greater resistance to impact, while the mixture with ash presented lower water absorption capacity. Although the results did not fully

meet initial expectations regarding mechanical strength, the research demonstrated the potential of sugarcane bagasse ash as an alternative material. This highlights the importance of more studies for methodological adjustments, standardization of materials and expansion of tests, in order to develop a more sustainable and effective concrete.

Keywords: Portland cement; Sugarcane bagasse ash; Sustainable concrete; Agro-industrial waste; Civil construction.

1. INTRODUÇÃO

Um dos setores que mais consome recursos naturais e causa danos ao meio ambiente é a construção civil, principalmente devido ao alto consumo de cimento Portland, um material fundamental na fabricação de concreto. No entanto, a produção de cimento está diretamente ligada à liberação de grandes volumes de dióxido de carbono (CO_2), além de exigir um alto consumo de energia durante seu processo de fabricação (Carvalho; Silva; Diodato, 2025). Nesse contexto, a procura por opções sustentáveis tem aumentado, visando à substituição parcial do cimento por resíduos agroindustriais, o que auxilia na preservação do meio ambiente e na diminuição de custos (Moura et al., 2020).

No Brasil, um dos principais resíduos gerados em larga escala é o bagaço de cana-de-açúcar, subproduto da indústria sucroalcooleira. Estima-se que o país produza milhões de toneladas desse resíduo anualmente, sendo parte utilizada na cogeração de energia e outra ainda sem destinação adequada (Oliveira; Miranda; Filho; Klepa, 2017). A queima desse material para obtenção de cinzas apresenta potencial de aproveitamento como adição mineral no concreto, devido à presença de sílica reativa, capaz de melhorar propriedades mecânicas e de durabilidade (De Paula et al., 2006).

A partir disso, o presente trabalho pretende substituir parcialmente o cimento Portland por um material pozolânico, a cinza do bagaço da cana-de-açúcar. O objetivo dessa substituição é desenvolver um material com características semelhantes às dos concretos tradicionais. Nesse cenário, a importância deste estudo reside na possibilidade de integrar o resíduo da queima do bagaço da cana-de-açúcar à argamassa.

A justificativa deste trabalho está na relevância ambiental e tecnológica do tema. Além de propor uma alternativa de reaproveitamento de resíduos agroindustriais, a substituição parcial do cimento pela cinza do bagaço da cana pode reduzir a emissão de poluentes, gerar economia na produção e, consequentemente, contribuir para práticas mais sustentáveis dentro da construção civil.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland usado na atualidade, surgiu precisamente, no ano de 1756, em que John Smeaton obteve um produto de elevada resistência, por meio da calcinação de materiais calcáreos moles e argiloso, mas somente em 1818 houve um aperfeiçoamento do produto inicial, realizado pelo francês Vicat, que obteve um material semelhante ao combinar componentes argilosos e calcáreos. (Pedro, 2023).

Ainda de acordo com o autor supracitado, em 1824, Joseph Aspdin obteve um pó fino por meio da queima conjunta de cal e argila. Esse material foi patenteado com o nome de cimento Portland, em razão de sua semelhança com as rochas da ilha britânica de Portland. Desse modo, foi criado um dos produtos mais empregados na construção civil, o qual, atualmente, é um dos principais responsáveis pelo aumento da emissão de dióxido de carbono na atmosfera terrestre.

Na análise de Pedro (2023, p.14), registra que:

O cimento Portland é composto basicamente por Cal (60 a 67%) e Sílica (17 a 25%), suas principais matérias-primas, podendo conter também Alumina e Óxido de Ferro. O processo de obtenção destas matérias-primas inclui as etapas de extração; britagem; pré homogeneização; moagem e homogeneização, que resultam em um material fino com composição química pré-estabelecida, assim como sua finura e homogeneidade.

Isso mostra que o cimento Portland é amplamente utilizado na construção civil e obtido pela combinação de diferentes matérias-primas. Sua composição é formada principalmente por cal (óxido de cálcio), que corresponde a cerca de 60 a 67%, e sílica, presente em torno de 17 a 25%. Também podem aparecer outros óxidos, como os de ferro e alumínio, que contribuem para as características finais do material. A obtenção dessas matérias-primas requer um processo industrial

que começa com a extração dos minerais das jazidas, seguida pela britagem, que consiste na fragmentação das rochas em partes menores. Na sequência, acontece a pré-homogeneização, etapa em que o material é misturado para minimizar as variações em sua composição química.

2.1.1. Cimento no Brasil

No Brasil, a primeira tentativa de utilizar os conhecimentos sobre a produção do cimento Portland parece ter ocorrido em 1888, quando o comendador Antônio Proost Rodovalho se dedicou a instalar uma fábrica em sua fazenda localizada em Santo Antônio, no estado de São Paulo. Posteriormente, diversas iniciativas pontuais de produção de cimento foram implementadas. Nesse contexto, uma modesta instalação produtora chegou a operar por três meses em 1892 na ilha de Tiriri, na Paraíba. A usina de Rodovalho funcionou de 1897 a 1904, retornando em 1907 e encerrando suas atividades de forma definitiva em 1918. Em 1912, o governo do Espírito Santo estabeleceu uma fábrica em Cachoeiro do Itapemirim, que operou até 1924, quando foi fechada. Após passar por um processo de modernização, a fábrica reabriu em 1936. (Battagin, 2009).

Todas essas etapas não foram além de simples tentativas que resultaram, em 1924, na instalação de uma fábrica em Perus pela Companhia Brasileira de Cimento Portland, Estado de São Paulo, cuja edificação pode ser vista como o ponto inicial da implementação da indústria de cimento no Brasil. As primeiras toneladas foram fabricadas e inseridas no mercado no ano de 1926. Até aquele momento, o consumo de cimento no país dependia unicamente do produto de importação. A produção nacional aumentou gradualmente com a implementação de novas fábricas e a presença de produtos importados variou ao longo das décadas seguintes, até quase desaparecer atualmente (Battagin, 2009). A imagem do cimento Portland é referenciada na figura 1.

Figura 1. Cimento Portland



Fonte: (CIMENTO.ORG, 2010).

2.2. AREIA

Areias silicosas em estado natural ou tratadas são comumente chamadas de areia industrial. Suas aplicações mais relevantes incluem a produção de vidro e moldes para fundição, além de serem utilizadas em produtos cerâmicos e cimento, como carga mineral em tintas e plásticos, na fabricação de ácidos e fertilizantes na indústria química, entre outros processos e produtos. É um conceito bastante abrangente que inclui areias com alto teor de quartzo, com diversas aplicações, cada uma com especificações granulométricas e químicas claramente definidas (Ruiz et al., 2013).

No Brasil, a produção de areia industrial é predominantemente baseada em coberturas sedimentares arenosas friáveis, com uma contribuição menor de outras variedades de minerais, como quartzitos e silexitos (rochas metamórficas e magmáticas). Esses minerais geralmente precisam ser moídos para atender às exigências granulométricas, dependendo do tipo de aplicação (Ruiz et al., 2013).

A relevância de sua pesquisa, tanto no aspecto técnico quanto na gestão de materiais e recursos minerais, está ligada ao seu extenso uso na construção civil, indústria de vidro, engenharia de materiais e metalurgia. Desde o começo deste século, em sintonia com o crescimento da economia brasileira, os principais setores consumidores de areia industrial fomentam a expansão e a descentralização da indústria de extração.

Por outro lado, a obtenção de substâncias a partir de fontes naturais pode ter impactos ambientais significativos, que precisam ser considerados e adequadamente mitigados, o que aumenta a relevância de seu estudo. Na literatura nacional e internacional, também se observa um aumento no interesse pela publicação de estudos que tratam da utilização desse recurso mineral (Ruiz et al., 2013). A imagem da areia é retratada na figura 2.

Figura 2. Areia industrial



Fonte: (Chico da Areia, 2023)

2.3. BRITA

A mineração de brita é uma das atividades mais importantes para a economia de qualquer país, pois gera os insumos que abastecem as indústrias da construção civil. O setor produz as matérias-primas utilizadas na construção de moradias, estradas, pontes, obras de saneamento básico, além da fabricação de cimento e concreto. No entanto, é, também, uma atividade potencialmente impactante para o meio ambiente (Monteiro, 2017).

Um dos principais componentes do concreto é a brita ou pedra britada. A função de agregado graúdo afeta diretamente a compactação, o custo e o desempenho do concreto. As características individuais da brita influenciam o concreto como um todo; sua granulometria, por exemplo, é responsável por preencher

os espaços deixados pelos outros componentes. Quando incorporada ao concreto, ela é completamente envolvida por uma camada de argamassa cimentícia, que tem a função de unificar os componentes, conferindo forma e resistência à estrutura. Essa unificação transforma o concreto de um conjunto de elementos dispersos em um único componente sólido e resistente (Helene; Tezian, 1992).

A extração de brita é o primeiro elo da cadeia produtiva de agregados para a construção civil. Os insumos beneficiados serão utilizados, muitas vezes, pela própria mineradora na fabricação de concreto ou serão comercializados para as construtoras, pavimentadoras, concreteiras e empresas revendedoras (ABDI, 2015). A qualidade do concreto depende, muitas vezes, do agregado utilizado na sua fabricação. Nem sempre os agregados são homogêneos, pois são obtidos a partir de diferentes pedreiras. Portanto, as misturas de produtos devem ser avaliadas com cautela para não comprometer a qualidade do concreto. (ANEPAC, 2023). A imagem da brita é ilustrada na figura 3.

Figura 3. Brita



Fonte: (Mapa da Obra, 2016).

2.4. CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Cerca de 95% de todo o bagaço produzido no Brasil são queimados em caldeiras para geração de vapor gerando, como resíduo, a cinza de bagaço, cuja disposição não obedece, na maior parte dos casos, a práticas propícias, podendo-se configurar em sério problema ambiental. Constituída, basicamente, de sílica, SiO_2 , a cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) tem potencial para ser utilizada como

adição mineral, substituindo parte do cimento em argamassas e concretos (Cordeiro et al., 2008). A utilização pela construção civil de resíduos gerados em outros setores da economia é vantajosa não apenas em virtude do aumento da atividade industrial e, conseqüentemente, de subprodutos, mas, sobretudo, devido à redução da disponibilidade de matérias-primas não renováveis, tão necessárias às atividades da construção civil convencional. Grande parte dos resíduos gerados pode ser reciclada, reutilizada, transformada e incorporada, de modo a produzir novos materiais de construção e atender à crescente demanda por tecnologia alternativa de construção mais eficiente, econômica e sustentável. (Savastano, 2003)

Dentre os resíduos se destacam as cinzas minerais oriundas de diferentes atividades agroindustriais, que apresentam altas porcentagens de sílica e de outros óxidos, podendo ser então utilizadas como pozolanas. A propriedade da pozolana é a sua capacidade de reagir com o hidróxido de cálcio liberado durante o processo de hidratação do cimento, formando compostos estáveis de poder aglomerante, tais como os silicatos e aluminatos de cálcio hidratados (Oliveira et al., 2004). As pesquisas realizadas sobre o assunto estão concentradas na cinza da casca de arroz, que apresenta teores de SiO_2 usualmente superiores a 90% (John et al., 2003). A imagem da cinza do bagaço da cana-de-açúcar é citada na figura 4.

Figura 4. Cinza do bagaço da cana-de-açúcar



Fonte:(Revista Eletrônica Revista Nacional, 2014).

3. METODOLOGIA

O vigente trabalho foi elaborado por intermédio de revisões bibliográficas acerca do cimento Portland, da pozolana, da areia, da brita e da cinza do bagaço da cana-de-açúcar com o objetivo de desenvolver um concreto sustentável, assim

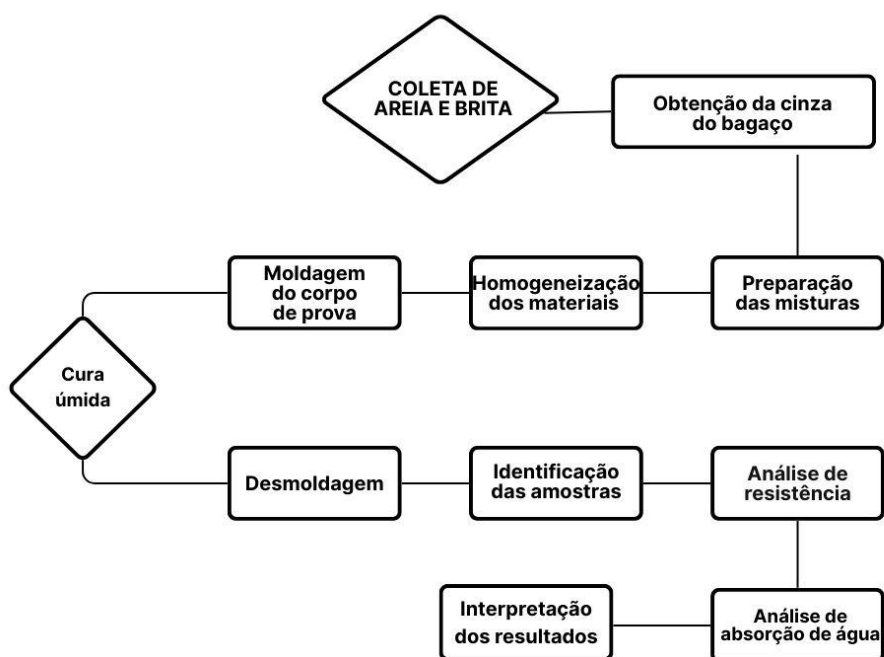
evitando o desperdício de resíduos e redução da emissão de dióxido de carbono. Mediante a isso, foi realizado uma pesquisa aprofundada utilizando-se artigos acadêmicos, revistas e periódicos para a produção do concreto. Para a realização de tal pesquisa, foi de suma importância o laboratório de Química e Microbiologia da Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, localizado na cidade de Fernandópolis, usando de materiais e reagentes disponibilizados pela instituição.

Além disso, o estudo inclui uma pesquisa experimental, pois envolveu não só a fase teórica de revisão bibliográfica e definição das proporções dos materiais, mas também a execução prática da produção do concreto em laboratório, a fim de realizar testes que permitissem avaliar o desempenho mecânico do material.

4. DESENVOLVIMENTO

Para que fosse possível a formulação e análise do cimento com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar, foram conduzidos experimentos laboratoriais no Laboratório de Química e Microbiologia da Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, situada em Fernandópolis, São Paulo. Nesses experimentos, a cinza do bagaço de cana foi empregada como um adicional parcial do cimento Portland, a fim de analisar suas características físicas e mecânicas. Portanto, o Fluxograma 1, ilustra os procedimentos relacionados à preparação, moldagem e cura dos corpos de prova.

Fluxograma 1. Etapas do processo empregado



Fonte: (Autoria própria, 2025)

4.1. MATERIAIS UTILIZADOS NO PREPARO DO CORPO DE PROVA

Para a elaboração do vigente trabalho, inicialmente foi necessário selecionar materiais e reagentes, nos quais serão exibidos no quadro 1.

Quadro 1. Materiais utilizados para formular o cimento

Materiais	Reagentes
Cano cilíndrico	Água
Copo medidor	Areia
Fita métrica	Brita
Serrote	Cimento
Vasilha	Cinza do bagaço de cana
	Óleo vegetal

Fonte: (Autoria própria, 2025).

Os recursos que foram utilizados para a efetuação deste trabalho, mais especificamente no preparo dos corpos de prova foram obtidos de forma independente, exceto a cinza do bagaço da cana-de-açúcar que se obteve por meio de um colaborador.

4.2. PREPARO DO CORPO DE PROVA

Primeiramente, o cano cilíndrico foi cortado em dois segmentos iguais, cada uma medindo 60 centímetros de comprimento. Para isso, foi necessário um serrote adequado ao tipo de material do cano foi empregado para garantir cortes precisos e consistentes. Antes de começar o corte, o cano foi cuidadosamente medido com uma fita métrica e marcado com um lápis para garantir que as divisões fossem precisas e perpendiculares ao eixo do tubo.

O cano foi mantido firme em uma superfície estável durante o corte, evitando vibrações e proporcionando mais segurança e controle sobre o serrote. Para evitar deformações ou rachaduras no material, o movimento de serra foi executado de maneira constante e uniforme, sem aplicar força excessiva.

Depois de cortados, os pedaços de cano passaram por um processo de acabamento. Usou-se uma superfície dura para remover as rebarbas mais visíveis deixadas pelo serrote. Em seguida, prosseguiu-se com o processo de lixamento para suavizar as bordas e garantir um acabamento mais uniforme. Essa fase foi executada em uma superfície sólida e nivelada, o que possibilitou um lixamento consistente e preciso.

O objetivo desse processo foi eliminar imperfeições e assegurar que as extremidades estivessem planas e suaves, o que facilitaria o manuseio e o encaixe subsequente das peças. Ademais, o lixamento aumentou a segurança do trabalho, prevenindo cortes ou ferimentos ao manipular os canos nas etapas seguintes do projeto. Os dois pedaços de cano já cortados e lixados são mostrados na figura 5.

Figura 5. Cano cortado e lixado



Fonte: (Autoria própria, 2025)

4.3. PREPARAÇÃO DOS TRAÇOS

Em primeiro lugar, as proporções e quantidades exatas dos reagentes a serem usados na fabricação dos corpos de prova foram definidas com antecedência. Para isso, foram considerados dois traços diferentes, com variações na porcentagem de cinza do bagaço da cana-de-açúcar adicionada à mistura.

Os teores de substituição estabelecidos foram 0% e 10%, correspondendo, respectivamente, a um traço de referência (sem adição de cinza) e a um traço experimental com uma quantidade do resíduo agroindustrial em substituição parcial ao cimento Portland. Essa fase foi crucial para assegurar a uniformidade das amostras e permitir a comparação dos resultados em termos de resistência, trabalhabilidade e comportamento durante o processo de cura.

As quantidades exatas de cada reagente, como cimento, areia, água e cinza do bagaço da cana foram estabelecidas com base nas proporções analisadas e calculadas anteriormente, a fim de garantir a consistência e a reprodutibilidade dos resultados alcançados durante as fases experimentais.

Os valores correspondentes a cada traço, com suas respectivas proporções e massas de reagentes utilizados, estão evidenciados no quadro 2.

Quadro 2. Quantidade de materiais na formulação do concreto

Traço (%)	Cimento (mL)	Cinzas (mL)	Areia (mL)	Brita (mL)	Água (mL)
0	782	0	1559	2339	574
10	703	94	1559	2339	518

Fonte: (Autoria Própria, 2025).

4.4. CURA DO CIMENTO

Após a etapa de preparação dos traços, foi-se necessário aguardar o período de cura do cimento, processo primordial para garantir o desenvolvimento adequado das propriedades mecânicas e durabilidade do material. A cura teve duração em torno de 28 dias, intervalo esse recomendado pela literatura, uma vez que corresponde ao tempo que o cimento alcança maior parcela de sua resistência característica. Durante esse período, o composto cimentício passou por diversas

reações químicas internas, principalmente a hidratação dos compostos presentes no cimento Portland, que ocorre de maneira gradual e constante.

5. RESULTADOS

Após o período de 28 dias, recomendado para a cura do cimento, o processo de remoção do corpo de prova foi executado com atenção para assegurar que as amostras estivessem adequadamente preparadas para os testes finais. Nesse período, o cimento foi exposto a condições controladas de temperatura e umidade, essenciais para que ele atinja suas propriedades de resistência máximas. A cura é um elemento fundamental no desenvolvimento das propriedades do cimento, uma vez que é durante esse estágio que o material realiza reações químicas que levam ao seu endurecimento e à solidificação de sua estrutura interna.

Com os corpos de prova prontos para os testes, removeu-se o concreto cuidadosamente das formas em que estavam armazenados com o auxílio de uma serra mármore, assegurando que o processo de extração não afetasse as amostras. Os concretos após serem retirados dos corpos de prova foram posicionados em uma superfície plana, os quais foram nomeados de C1 (acima), representando o concreto padrão e C2 (abaixo), no qual representa o concreto possuindo as cinzas do bagaço de cana-de-açúcar em sua composição, conforme é ilustrado na figura 6.

Figura 6. Retirada do concreto do corpo de prova



Fonte: (Autoria própria, 2025)

5.1. TESTE DE IMPACTO

Inicialmente, pesou-se os dois traços de concreto em uma balança, sendo que o traço de 0% de cinza do bagaço de cana deu 4527 g, já o traço de 10%

deu 3677 g. Após isso, para o teste de impacto, utilizou-se de um martelo a uma altura de 40 cm em cada um dos concretos, foi quantificado a quantidade de golpes necessários para a primeira fissura, o primeiro lascamento e a ruptura total do concreto. Para a realização desse teste, necessitou-se de calcular a energia de impacto dos golpes, utilizando a fórmula da energia potencial gravitacional, expressa pela fórmula:

$$E = m \cdot g \cdot h \quad (1)$$

No qual, a massa do martelo é 0,5 kg, a aceleração da gravidade é de 9,81 m/s² e a altura foi de 0,4 m, fazendo a multiplicação de todos esses valores, descobre-se que a energia potencial gravitacional gerada foi de aproximadamente 1,96 J por golpe, arredondando para 2 J. Lembrando que todas as medidas estão em consonância com o Sistema Internacional de Unidades, onde a massa é em quilograma, a aceleração em metros por segundo ao quadrado, a altura em metros e a energia final medida em Joules. Por conseguinte, após descobrir a energia potencial gravitacional, teve-se que efetuar um cálculo para descobrir a energia total absorvida até a ruptura dos dois traços, que é expressa pela fórmula:

$$E \text{ total: } n^{\circ} \text{ de golpes} \times 1,96 \text{ J} \quad (2)$$

Ao concluir o cálculo obteve-se que o traço de 0% de cinza resultou em 52,92 J, já o traço de 10% de cinza do bagaço deu 25,48 J. Com o resultado desse teste, deu para perceber que o traço de 0% apresentou maior resistência de impacto que o traço de 10% da cinza do bagaço.

5.2. TESTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

Primeiramente, colocou-se o concreto em um balde e os encheu de água até ficar completamente submerso, após isso, esperou-se um período de 24 horas para realizar a medida do peso úmido de ambos os concretos para posteriormente fazer a análise do quanto ele absorveu. O resultado do concreto submerso em água durante tal intervalo de tempo é mostrado na figura 7.

Figura 7. Concretos mergulhados em recipiente com água



Fonte: (Autoria própria, 2025)

Por conseguinte, passadas as 24 horas do concreto na água, foram feitas as medidas do peso úmido dos dois traços de concreto em uma balança. Feitas as medições obteve-se o peso úmido que o concreto sem o traço de cinza do bagaço que era de 4730 g, já o peso do concreto com adicional de cinza do bagaço era de 3768 g. Com os resultados das medidas do peso úmido de cada concreto, pode-se calcular o percentual de absorção de água que cada concreto obteve, que é expressa pela fórmula da umidade:

$$Mu - Ms \backslash Mu \times 100 \text{ (3)}$$

Sendo que Mu seria a massa úmida e Ms seria a massa seca. Feitos os cálculos, obteve-se que o concreto sem a cinza do bagaço da cana é de 4,49% de umidade e o concreto com a cinza do bagaço é de 2,48%. Esses resultados demonstram que o concreto sem a adição de cinza absorveu o dobro de umidade que o concreto com a cinza do bagaço da cana.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo principal analisar a produção de um concreto contendo adição de cinza do bagaço da cana-de-açúcar, um resíduo agroindustrial amplamente disponível no Brasil e reconhecido por seus potenciais propriedades pozolânicas, capazes de contribuir para a durabilidade e o desempenho mecânico do concreto. A proposta buscou avaliar se a incorporação desse material poderia resultar em melhorias estruturais ou funcionais quando comparada ao concreto convencional.

Para isso, foram realizados ensaios de impacto e de absorção de água, permitindo observar o comportamento físico dos dois traços avaliados. Com base nos resultados experimentais obtidos, verificou-se que o concreto sem a adição da cinza apresentou maior durabilidade ao impacto e também maior capacidade de absorção de água. Já o traço contendo cinza demonstrou desempenho inferior, tanto na resistência quanto na retenção hídrica, não atendendo às expectativas iniciais.

Considera-se, portanto, o estudo desenvolvido no âmbito da Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, conduzido parcialmente fora do ambiente escolar. Foi possível realizar a produção dos corpos de prova e executar os testes planejados; contudo, os resultados indicaram que o experimento nas condições adotadas, não foram plenamente bem-sucedidos. Torna-se necessário aprofundar a pesquisa por meio de novos estudos, ajustes metodológicos, padronização dos materiais utilizados e realização de testes práticos complementares, a fim de compreender melhor o comportamento da cinza do bagaço da cana-de-açúcar quando incorporada ao concreto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Agregados minerais para obras de construção civil e infraestrutura nas principais regiões metropolitanas do Brasil: diagnóstico e cenários da cadeia produtiva, com seus desafios e oportunidades.** In: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Brasília, 2015. p. 260. Disponível em <<https://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Setorial%20de%20Agregados%20da%20Constr>>. Acesso em: out. 2025.

ANEPAC — ANEPAC. **Origem dos agregados**. 2023. Disponível em: <<https://anepac.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Anepac-origem-dos-agregados-2023.pdf>>. Acesso em: dez. 2025.

CARVALHO, Pamela A.; SILVA, João V. M. de A.; DIODATO, Jonailce O **Substituição parcial do cimento Portland por cinza do bagaço da cana-de-açúcar na produção de concreto**. GEOFrontier, [S.l.], v. 11, 2025. Disponível em: <<https://periodicosonline.uems.br/GEOF/article/view/8650>>. Acesso em: nov. 2025.

Cordeiro, G. C.; Toledo Filho, R. D.; Fairbairn, E. M. R.; Tavares, L. M. M. **Pozzolanic activity and filler effect of sugar cane bagasse ash in Portland cement and lime mortars**. *Cement & Concrete Composites*, v.30, p.410-418, 2008. Disponível em: <[sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946508000036?via%3DiHub](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946508000036?via%3DiHub)>. Acesso em: dez. 2025

DE PAULA, M. O. **Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006. Disponível em: <<https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/7656988d-1942-40b0-9c4e-70e8fe578e13/content>>. Acesso em: dez. 2025.

HELENE, Paulo R. L.; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini, 1992. Disponível em: <file:///C:/Users/TEMP/Downloads/helene-e-terzian-manual-de-dosagem-e-controle-de-concreto_compress.pdf>. Acesso em: nov. 2025.

John, V. M.; Cincotto, M. A.; Silva, M. G. **Cinza e aglomerantes alternativos**. In: Freire, W. J.; Beraldo, A. L. *Tecnologia e materiais alternativos de construção*. Campinas: UNICAMP, 2003. cap.6, p.145-190. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/directbitstream/a435fc31-3a04-4c74-953f-ced964ee1a9e/John-2003-cinzas.pdf>>. Acesso em: dez. 2025.

MONTEIRO, N. B. R. **Gestão do ciclo de vida: bases para a aplicação da economia circular em indústrias de concreto da construção civil**. 2021. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) — Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2021. Disponível em: <<http://repositorio.ufpi.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1416/NATHALIE%20BARBOSA%20REIS%20MONTEIRO.pdf?sequence=1>>. Acesso em: nov. 2025.

MOURA, E. M. de et al. **Caracterização e uso da cinza do bagaço de cana-de-açúcar em tijolos de solo-cimento**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 33-48, 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/bwkhT4J69J9NJqrLScnXXbT/>>. Acesso em: nov. 2025.

Oliveira, M. P.; Nobrega, A. F.; Campo, M. S.; Barbosa, N. P. **Estudo do caulim calcinado como material de substituição parcial do cimento Portland**. Conferência Brasileira de Materiais e Tecnologias Não-Convencionais: Habitação e infraestrutura de interesse social Brasil – NOCMAT 2004, Pirassununga. Anais Pirassununga: USP, 2004. 15p. Disponível em:

<https://www.usp.br/constrambi/producao_arquivos/estudo_de_caulim.pdf>. Acesso em: dez. 2025.

OLIVEIRA, S. T. M.; MIRANDA, A. C.; FILHO, S. C. S.; KLEPA, R. B. **Cinza a partir do bagaço da cana-de-açúcar reutilizada como parte integrante em argamassas e concretos na indústria civil**. In: Congresso Nacional de Construção Civil, 2017. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/323380156>>. Acesso em: nov. 2025.

PEDRO, R. M. **Alternativas para a substituição do cimento na construção civil**. 2023. 33f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Faculdade de Engenharia e Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/99ce597c-aaa6-4523-b878-878ba4b93ff1/content>>. Acesso em: nov. 2025.

RUIZ, Mauro Silva; JÚNIOR, Marsis Cabral; TANNO, Luiz Carlos; COELHO, José Mario; CORTÊS, Pedro Luiz. **DESAFIOS E PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO DE AREIA INDUSTRIAL**. HOLOS, [S. l.], v. 5, p. 50–68, 2013. DOI: 10.15628/holos.2013.1707. Disponível em: <<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/17>>. Acesso em: dez. 2025.

SAVASTANO, Jr., Warden, P. G. **Special theme issue: Natural fibre reinforced cement composites**. Cement & Concrete Composites, v.25, n.5, p.517-624, 2003. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TWF-4DWH27G-3&_user=972067&_handle=V-WA-A-W-AC-MsSAYVW-UUA-U-AABWVZEZAD-AABUUCUVAD-VAEZCCBZW-AC-U&_fmt=full&_coverDate=05%2F31%2F2005&_rdoc=1&_orig=browse&_srch=%23toc%235561%232005%23999729994%23585689!&_cdi=5561&view=c&_acct=C000049650&_version=1&_urlVersion=0&_userid=972067&md5=07c514b8d295190c302c248d8694b734>. Acesso em: dez. 2025.

BATTAGIN, A. F. **Uma breve história do cimento Portland**. Disponível em: <<https://abcp.org.br/uma-breve-história-do-cimento-portland/>>. Acesso em: dez. 2025.

CIMENTO. CP-V ARI – Cimento Portland de Alta Resistência Inicial. Disponível em: <<https://cimento.org/cp-v-ari-cimento-portland-de-alta-resistencia-inicial/>>. Acesso em: dez. 2025.

Produtos - Chico D'Areia. Disponível em: <<https://www.chicodareia.com.br/produtos/>>. Acesso em: dez. 2025.