

UTILIZAÇÃO DE CINZAS DO BAGAÇO DE CANA PARA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Fernanda Bertolini da Cunha Pires¹

João Batista Oliveira da Silva¹

Rafael Macedo de Oliveira²

rafaeloliveiraunivertix@gmail.com

ÁREA DE CONHECIMENTO: Engenharia

RESUMO

Nos últimos anos, a indústria da construção civil é uma das principais responsáveis pela degradação ambiental que vem ocorrendo de maneira desenfreada. O concreto é o segundo produto mais consumido no mundo, perdendo apenas para a água, e sua produção está diretamente associada aos recursos disponíveis no meio ambiente. A utilização acelerada dos recursos naturais causa danos que podem ser irreparáveis se não forem adotadas medidas para a conservação dos mesmos. Muitas pesquisas sobre a aplicação de resíduos agroindustriais têm sido realizadas com a finalidade de se obter resultados satisfatórios - uma delas é a utilização das cinzas do bagaço da cana-de-açúcar como substituto parcial do agregado miúdo, uma vez que o Brasil é o maior produtor mundial e essas cinzas são, geralmente, descartadas de maneira incorreta no meio ambiente. Diante do exposto, neste estudo, objetiva-se avaliar a resistência final do concreto produzido com a substituição parcial do agregado miúdo por CBC (Cinzas do Bagaço de Cana), atestando, assim, alternativas mais sustentáveis para a indústria da construção civil. Para obtenção dos resultados, foram confeccionados 32 corpos de provas, com teores de substituição de agregado miúdo por CBC variando de 0, 10, 20 a 30%. As referidas amostras passaram pelos testes de análise granulométrica, *Slump Test* e ensaio de resistência à compressão axial. De acordo com as variações de teores de substituição, foi observado que os corpos de provas com substituição tiveram uma crescente gradual na resistência, quando comparada ao corpo de prova convencional. Obteve-se, como resistência máxima, o valor de 13,81 Mpa nas amostras com 20% de substituição, sendo observado que, nas amostras com teor de substituição de 30%, o valor da resistência começou a cair. Esse comportamento pode ser explicado pelo aumento da quantidade de água em relação ao volume de cimento utilizado. Foi possível concluir que as cinzas contribuíram de forma positiva, visto que as amostras apresentaram qualidade superior em relação às amostras de concreto convencional.

PALAVRAS-CHAVE: resistência; reaproveitamento de resíduos; cana-de-açúcar

1. INTRODUÇÃO

Com o intenso consumo de recursos naturais e a alta geração de resíduos,

¹ Acadêmicos do 10º período do curso de Agronomia da Univértix.

² Professor dos cursos de Agronomia e Engenharia Civil da Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX – Matipó

buscam-se, cada vez mais, alternativas para a produção mais sustentável. No ramo da construção civil não é diferente, havendo a necessidade de adotar novas práticas e técnicas que reduzem os impactos gerados pelo setor.

Para estimular o uso de produtos que causem menos impacto ambiental, surgem soluções para o destino de agregados, através de métodos construtivos mais eficazes e menos poluentes (SANTOS, 2012). Dessa forma, pesquisadores têm empenhado em buscar meios de aproveitamento de resíduos agrícolas, tais como o aproveitamento das Cinzas do Bagaço de Cana (CBC), que pode substituir parte do agregado miúdo no concreto (BESSA, 2011; FERNANDES, 2014).

Contudo, ainda pode ser observado que a construção civil apoia a utilização de materiais não ecológicos, como a indústria de mineração de areia, que tem se tornado cada vez mais preocupante devido ao seu potencial de impactos negativos. Mesquita (2011) adverte que a quantidade de material extraído chega a ser aproximadamente 85% de todo o material retirado do solo, devido ao baixo custo, facilidade de extração e demanda, o que acaba favorecendo as extrações negligentes.

A maior finalidade dessa extração é destinada à fabricação de concreto, sendo de extrema relevância para a construção civil (MESQUITA, 2011). Por ano, entre 40 e 50 milhões de toneladas de areia são extraídas mundialmente, segundo o Programa Ambiental das Nações Unidas, sendo esses dados estimados por meio da produção e da venda de aglomerantes (ONU, 2019).

A areia e a pedra britada são os minerais de maior consumo no mundo (IBRAM, 2011). Por si só, a exploração de minérios é uma atividade na qual o material extraído não tem reposição, culminando, assim, em uma atividade não sustentável, que causa impactos significativos. A extração da areia gera, principalmente, assoreamento de rios, formação de cavas, destruição da flora e fauna, entre outros (SANTOS, 2015).

Atualmente, o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com produção de 620,44 milhões de toneladas na safra de 2018/19 (CONAB, 2019). As cinzas provenientes da cana se destacam dos outros resíduos, por serem resultantes da agroindústria, a qual é a maior atividade econômica do Brasil.

A CBC tem se destacado como um problema enfrentado pelas usinas em relação à sua disposição final (BESSA, 2011). Cada tonelada de bagaço gera aproximadamente 25 kg de cinzas residuais (KAWA, 2015). A quantidade de cana

produzida na safra 2018/19 totaliza 620,44 milhões de toneladas, na qual estima-se a geração de 3877,75 toneladas de cinza residual. Uma parcela desses resíduos é utilizada como adubo nas próprias lavouras, e o restante é descartado em aterros. No entanto, a CBC tem potencial para ser utilizada de outras formas, inclusive no ramo da construção civil.

No presente trabalho, objetiva-se avaliar a resistência final do concreto com a substituição parcial do agregado miúdo no concreto por CBC, atestando, assim, alternativas mais sustentáveis para a indústria da construção civil, com a finalidade de se reduzir os impactos causados pela mesma.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa foi adaptada da metodologia de Souto (2010), sendo classificado como quantitativo experimental. Nesse caso, consiste em testar diferentes variáveis para alcançar o resultado desejado, demandando a realização de inúmeros testes em laboratórios, a partir de diferentes métodos, para alcançar os melhores resultados com o instrumento de estudo (TYBEL, 2017).

Sob essa perspectiva, analisou-se a possível produção de concreto sustentável proveniente da substituição parcial do agregado miúdo pelo CBC. A confecção do concreto e a realização dos ensaios foram efetuados no laboratório da Faculdade Vértice *campus* de Matipó (MG).

2.1. MATERIAIS

2.1.1 Cinza do bagaço da cana-de-açúcar

A cinza do bagaço da cana-de-açúcar que foi utilizada como substituta parcial da areia foi fornecida pela Usina Jatiboca, empresa que produz açúcar e etanol, e utiliza a queima do bagaço para cogeração de energia. A usina está localizada na Vila Parada Paulista, s/nº, Zona Rural, Urucânia (MG).

As cinzas foram recolhidas em sacos e levadas em veículo particular até o local onde foram confeccionados os corpos de prova e realizados os testes. Esse material foi armazenado em local adequado, sem qualquer contato com água.

As cinzas passaram por moagem para garantir que sua granulometria ficasse uniforme e, em seguida, foram submetidas a uma peneira de abertura 0,3 mm, para

retirada de possíveis resíduos.

2.1.2 Cimento Portland

O cimento utilizado na execução do projeto foi o CPV-ARI F-32, devido à sua alta resistência. O transporte foi realizado pela fornecedora, que está localizada na cidade de Matipó (MG).

2.1.3 Agregados (miúdo e graúdo)

O agregado miúdo utilizado foi a areia lavada, com produção nas jazidas regionais, sendo previamente avaliada por granulometria.

O agregado graúdo utilizado foi a brita número um, também proveniente de jazidas regionais, sendo submetido, da mesma forma, à análise granulométrica.

2.1.3.1 *Teste de granulometria*

O teste de granulometria foi baseado na NBR NM 248 (2003), sendo realizados o peneiramento, a separação e a secagem em estufa (por 24 h, em temperatura de $100 \pm 5^\circ \text{C}$).

Foram separadas três amostras para o ensaio de granulometria, uma para cada material. Para a amostra de areia, foram utilizados 500 g, para a brita 1000 g e, por fim, para as cinzas, foi usada uma amostra de 500 g. Tais valores foram estipulados pela norma, de acordo com a granulometria do material.

Foram empregadas as peneiras com furos entre 0,150 mm e 38 mm, dependendo do material. Além disso, realizou-se a agitação manual das peneiras pelo período de dois minutos. Para determinar a granulometria dos constituintes, foi pesado o material retido em cada peneira, levando-se em consideração que o somatório das pesagens das peneiras não deveria ultrapassar 0,3% da massa inicial do teste, conforme NBR NM 248 (2003).

2.1.4 Água

Foi utilizada água potável fornecida pela empresa de água local (COPASA), para a confecção dos corpos de prova.

2.2 DOSAGEM DO CONCRETO

O traço do concreto utilizado foi adaptado do trabalho de Souto (2010) - 1:4:3:0,6. Outras pesquisas já foram realizadas com diversas substituições para analisar a viabilidade do uso do CBC em concretos. Os valores limites encontram-se entre 20 e 30% (BESSA, 2011; SOUTO, 2010). No presente trabalho, o agregado miúdo foi substituído por CBC nos seguintes teores 0; 10; 20; e 30%.

2.3 PREPARO DO CONCRETO

O concreto foi preparado com a utilização de uma betoneira, no laboratório de Engenharia Civil da Faculdade Vértice. Para a produção do concreto, foram seguidos os mesmos passos de Souto (2010):

1. Com a betoneira em funcionamento, foi adicionado o agregado graúdo, juntamente à metade da água;
2. Em seguida, foi adicionado o agregado miúdo, misturando-se os materiais por cerca de um minuto, acrescentando-se, depois, 40% da água de amassamento;
3. Por fim, foi adicionado o cimento com o restante dos materiais na betoneira. O tempo aproximado foi de um minuto.

2.4 ENSAIO DE CONSISTÊNCIA DO CONCRETO

Foi realizado o ensaio *Slump Test* (Figura 1), a partir das determinações da NBR NM 67 (2008). Considera-se que importante para características do concreto fresco para controle tecnológico.



Figura 1: Ensaio de consistência do concreto (*Slump Test*).
Fonte: Os autores (2020).

2.5 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Para a realização dos ensaios, foram utilizados corpos-de-prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura. Foram confeccionados oito corpos de prova para cada teor de substituição do agregado miúdo.

O adensamento foi executado de forma manual, havendo duas camadas provenientes de 12 golpes por camada, de acordo com a NBR 5738 (2015).

2.6 CURA DO CONCRETO

Os corpos de provas foram retirados dos moldes após atingirem o tempo de 24 h. Em seguida, foi realizada a identificação de cada corpo de prova e, então, foram colocados no tanque de imersão (Figura 2), onde ficaram até a data dos ensaios de resistência (14 e 28 dias).



Figura 2: Cura dos corpos de prova.
Fonte: Os autores (2020).

2.7 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Os ensaios de resistência à compressão foram executados conforme a NBR 5739 (2018), consistindo em uma aplicação contínua de carga isenta de choques, com velocidade de carregamento de 0,5 Mpa/s.

2.8 DETERMINAÇÃO DO FCK

A resistência mínima do concreto é 20 Mpa. No presente trabalho, foi utilizada, como resistência mínima, 20 Mpa. Para a determinação da resistência do concreto, utilizou-se uma prensa hidráulica (Figura 3), seguindo as orientações da NBR 5739 (2018).



Figura 3: Ensaio de resistência à compressão axial utilizando a prensa hidráulica.
Fonte: Os autores (2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram observadas características mecânicas dos concretos confeccionados para a presente pesquisa, assim como a característica de cada material usado para confecção dos mesmos.

3.1 ENSAIO DE GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS

Os resultados de granulometria estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1 – Análise granulométrica do agregado miúdo (areia)

Peneira (mm)	Massa(kg)	% Retida	% Retida acumulada
9,5	0,00	0,00	0,00
4,75	0,03	2,99	2,99
2,38	0,15	14,94	17,93
1,18	0,342	34,06	51,99
0,6	0,382	38,05	90,04
0,3	0,074	7,37	97,41
0,15	0,022	2,19	99,60
Fundo	0,004	0,40	100,00
Total (kg)	1,004	100,00	100,00

Fonte: Os autores (2020).

De acordo com a NBR 7211 (2019), o diâmetro médio da areia deve estar situado entre 0,2 e 0,6 mm. Após o ensaio, foi possível observar que apenas 45% da amostra estava dentro do diâmetro especificado pela norma, a areia comprada estava aproximadamente 52% fora do diâmetro que foi pedido na hora da compra, consistindo em erro da empresa que fornece o material. Como a areia grossa também é indicada para o preparo do concreto, isso não deve afetar as características do mesmo.

Tabela 2 – Análise granulométrica do agregado miúdo (CBC)

Peneira (mm)	Massa(kg)	% Retida	% Retida Acumulada
2,0	0,004	0,80	0,80
1,18	0,004	0,80	1,60
0,6	0,08	16,00	17,60
0,3	0,158	31,60	49,20

0,15	0,17	34,00	83,20
Fundo	0,084	16,80	100,00
Total (kg)	0,5	100,00	100,00

Fonte: Os autores (2020).

Ao analisar o ensaio de granulometria do CBC, foram obtidos os seguintes resultados:

- Dimensão máxima característica: abertura com porcentagem retida acumulada $\leq 5\%$ em massa: 1,18 mm;
- Módulo de finura: soma das porcentagens retidas nas peneiras: $(0,8+1,6+17,6+49,2+83,2)/100 = 1,53$.

Segundo a NBR 7211 (2019), o CBC caracteriza-se como areia fina, pois se encaixa na faixa 1 (materiais com módulo de finura 1,35 a 2,25 mm).

Tabela 3 – Análise granulométrica do agregado graúdo (brita 1)

Peneira (mm)	Massa(kg)	% Retida	% Retida e Acumulada
38,0	0,002	0,20	0,20
25,0	0,022	2,21	2,41
19,0	0,944	94,78	97,19
9,5	0,028	2,81	100,00
Total (kg)	0,996	100,00	

Fonte: Os autores (2020).

Conforme descrito na Tabela 3, verifica-se que aproximadamente 95% da brita analisada está dentro dos padrões da NBR 7211 (2019). Portanto, o agregado se encaixa como brita 1, estando, em sua maioria, na faixa de 19 mm e 9,5 mm.

3.2 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO

Durante a confecção do concreto, foi observado que, ao substituir o agregado miúdo por CBC, ocorreu menor abatimento. À medida em que a quantidade de CBC foi aumentando, o abatimento do cone também aumentou, mas em nenhuma das substituições o abatimento foi maior que o valor do concreto convencional.

O abatimento do concreto convencional foi de 5,1 cm; já para o concreto com teor de 30% de CBC, o que apresentou maior abatimento, o valor encontrado foi de

4,0 cm (Figura 4).

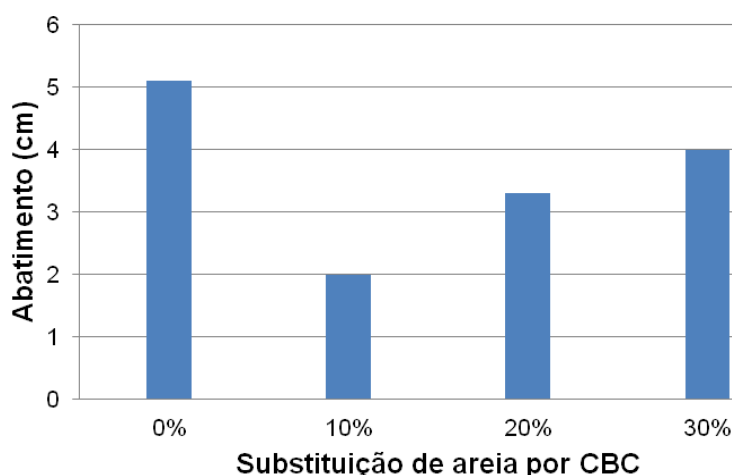


Figura 4: Abatimento do concreto (cm) em função de diferentes substituições de areia por CBC.
Fonte: Os autores (2020).

A diminuição do abatimento de tronco de cone, devido à substituição de areia por CBC, também foi relatada por Souto (2010). Segundo o autor, essa redução afeta diretamente o aumento de consumo de água e o aumento do fator água/cimento. Segundo Helene e Tutikian (2011), esse aumento na relação a/c pode ser justificado por uma mudança de agregados, uma vez que o CBC difere da areia em textura, dimensão, absorção, etc. Tal aumento também pode afetar a resistência do concreto, causando uma baixa na qualidade em relação ao concreto convencional (TERZIAN; HELENE, 1992).

3.3 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO

Na Figura 5, apresentam-se os resultados do ensaio de resistência à compressão realizados com amostras de 14 e 28 dias, sendo possível notar o aumento de resistência à compressão, comparando-se as duas datas diferentes.

Outra constatação é o aumento da resistência do concreto à medida em que aumentou a quantidade de CBC no concreto, decaindo com teores superior a 20%. Os resultados demonstram que a inserção das cinzas como composto agiu de forma positiva na capacidade mecânica das amostras, tendo em vista que os teores entre 20 e 30% apresentaram melhores resultados que o traço padrão utilizado (convencional sem substituição). Contudo, enfatiza-se que os resultados com o teor

de 20% foram os mais satisfatórios em ambas as idades.

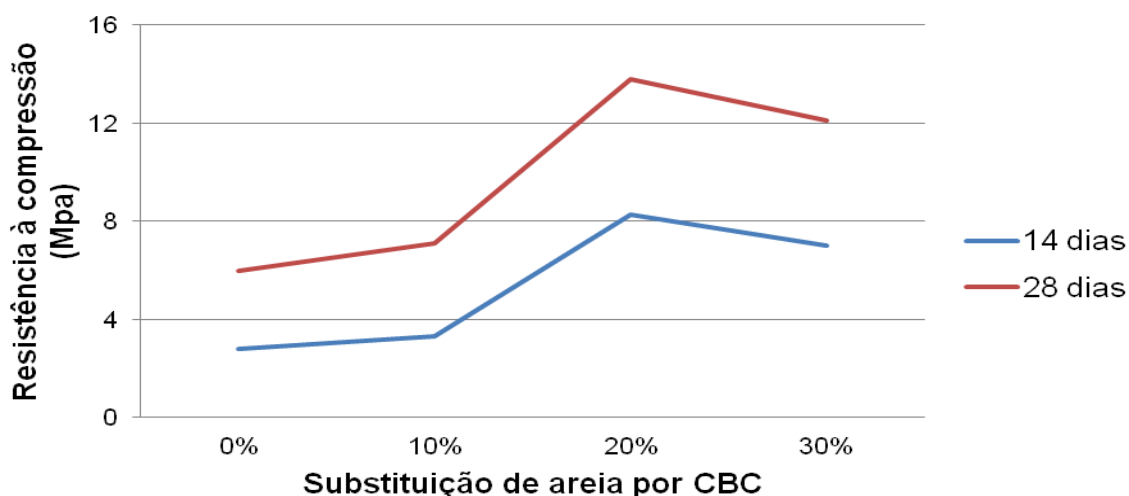


Figura 5: Resistência do concreto (Mpa) em função de diferentes substituições de areia por CBC.
Fonte: Os autores (2020).

O CBC influenciou de forma positiva na resistência do concreto, devido a sua composição química que, segundo Canova (2015), possui grande quantidade de sílica (SiO_2), o qual se transforma em aglomerante quando entra em contato com água e cimento da mistura. A sílica, quando comparada à areia proveniente dos rios, apresenta semelhanças quanto às características granulométricas - tanto na porção cristalina quanto no elevado teor de sílica presente em ambas, capacitando, assim, as cinzas como aditivo mineral para substituição de agregado miúdo (BESSA, 2011).

Consultando a pesquisa de Souto (2010), é possível notar comportamento semelhante do apresentado na presente pesquisa, tendo o teor de substituição de 20% atingido os melhores resultados. Substituições superiores a 20% ocasionam redução na resistência final do concreto.

Segundo Souto (2010), esse fato é explicado pelo aumento da quantidade de água em relação ao volume de cimento utilizado. Mehta e Monteiro (2008) confirmam que um maior volume de água em relação ao cimento utilizado acaba provocando aumento dos poros do concreto, justificando, assim, a diminuição nos valores de resistência das amostras de concreto com teores de substituição de 30%. Portanto, quanto menor a resistência à compressão, maior será o teor de vazios na mistura, sendo suas propriedades mecânicas significativamente afetadas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, foi possível concluir que a adição de cinzas apresentou um desempenho positivo. Os diferentes teores mostraram características variáveis, como a trabalhabilidade do concreto, que teve uma queda no abatimento quando adicionados os teores de substituição do CBC.

A resistência à compressão pretendida no trabalho era de 20 Mpa, mas a maior resistência atingida foi de 16,02 Mpa. Por meio da adaptação do traço, que foi de 1:4:3:0,6, os resultados foram considerados satisfatórios, podendo atingir maior resistência se for utilizado traço ainda mais forte.

A utilização de CBC ainda não é recomendada para o concreto estrutural, no entanto, o referido resíduo pode ser utilizado na fabricação de blocos estruturais, de argamassas e de contrapiso. Lima (2011) também comprovou que os concretos com teores de substituição de CBC possuem uma boa resistência à carbonatação, podendo ser submetidas a ações abrasivas superficiais leves.

Os parâmetros de resistência seguiram padrão gradativo em relação aos teores de substituições, sendo favoráveis as resistências até o teor de 20% de CBC, provando, assim, a contribuição eficiente das cinzas nas características mecânicas do concreto.

Diante do exposto, recomendam-se futuras pesquisas com a utilização de um traço mais forte, com a finalidade de atingir resultados mais satisfatórios, que se enquadrem nas especificações mínimas de resistência à compressão.

4. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 67: **Concreto** – Determinação da consistência pelo abatimento do cone. 1998.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5738: **Concreto** – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. 2015.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5739: **Concreto** – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. 2018.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248: **Agregados** – Determinação da composição granulométrica. 2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7211: **Agregados para concreto** - Especificação. 2019.

BESSA, S. A. L. **Utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como agregado miúdo em concretos para artefatos de infraestrutura urbana**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos. São

Carlos, 2011.

CANOVA, J. A.; MIOTTO, J. L.; DE MORI, L. M. Avaliação de argamassa mista de revestimento com substituição da areia natural por cinza de bagaço de cana-de-açúcar. **Ciência & Engenharia**, v. 24, n. 1, p. 125-134, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. v. 1 – Brasília: CONAB, 2019.

FERNANDES, S. E. **Concreto com adição da cinza de bagaço da cana-de-açúcar**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2014.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Editora Pini, 1993.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Informações e análises da economia mineral brasileira**. 6 ed. 2011. Disponível em: www.ibram.org.br. Acesso em: 15 abr. 2020.

KAWA, L. **Resíduos da produção de cana-de-açúcar**. 2015. Disponível em: <https://namidia.fapesp.br/residuos-da-producao-de-cana-de-acucar/109777>. Acesso em: 07.mar.2020.

LIMA, S. A.; SALES, A.; ALMEIDA, F. do C. R.; MORETTI, J. P.; PORTELLA, K. F. **Concretos com cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão**. Porto Alegre, ano 2011, v. 11, 26 abr. 2011. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/793/1/CT_CECONS_II_2012_07.pdf. Acesso em: 3 dez. 2020.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto, microestrutura, propriedades e materiais**. 3 ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

MESQUITA, J. L. **Mineração de areia, a maior e mais perigosa indústria**: 40.000 milhões de toneladas de areia extraídas anualmente. 40.000 milhões de toneladas de areia extraídas anualmente. 2011. Disponível em: <https://marsemfim.com.br/mineracao-de-areia-destrutiva-industria/#>. Acesso em: 15 abr. 2020.

ONU. **ONU alerta que entre 40 e 50 bilhões de toneladas de areia são extraídas por ano**. Onu news, [S. l.], p. areia, pnuma, ONU, 8 maio 2019. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/05/1671251>. Acesso em: 27 maio 2020.

SANTOS, A. dos. Extração mineral de areias e seus impactos na territorialidade socioambiental: o caso de Feira de Santana – BA. *In: Seminário Internacional Dinâmica Territorial e Desenvolvimento Socioambiental “Terra Em Transe”, VII*. 2015, Salvador- BA. Ucsal Press, 2015.

SANTOS, L. C. F. dos. **Avaliação de impactos ambientais da construção: comparação entre sistemas construtivos em alvenaria e em wood light frame.** 2012. Monografia, (Especialização em Construções Sustentáveis) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

SOUTO, J. M. F. **Avaliação do desempenho da cinza do bagaço de cana-de-açúcar na produção de concretos.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

TYBEL, D. **O que é Pesquisa Experimental.** 2017. Disponível em: <https://guiadamonografia.com.br/pesquisa-experimental/>. Acesso em: 13 jun. 2020.

TUTIKIAN, B. F; HELENE, P. **Dosagem dos concretos de cimento Portland.** Cap. 12. IBRACON. 2011. Acesso em <http://www.concretophd.com.br/imgs/files/DosagemCap12Concreto2011.pdf>. Acesso em 04 de novembro de 2020.