

**UNIEVANGÉLICA – CAMPUS CERES
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MYRELLY MARQUES PEREIRA
NAISAURA DUARTE DA SILVA**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO COM A SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO
AGREGADO MIÚDO PELA CINZA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

PUBLICAÇÃO Nº:

CERES / GO 2020

**MYRELLY MARQUES PEREIRA
NAISAURA DUARTE DA SILVA**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO COM A
SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO PELA CINZA DO
BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

PUBLICAÇÃO Nº:

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

ORIENTADORA: Ma. JÉSSICA NAYARA DIAS

CERES / GO: 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, NAISAURA DUARTE DA.

PEREIRA, MYRELLY MARQUES.

Análise da resistência do concreto com a substituição parcial do agregado miúdo pela cinza do bagaço de cana-de-açúcar. [Goiás] 2020.

18P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Sustentabilidade | 2. Cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) |
| 3. Compósito cimentício | 4. Concreto |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA (exemplo)

SILVA, N. D.; PEREIRA, M. M. Análise da resistência do concreto com a substituição parcial do agregado miúdo pela cinza do bagaço de cana-de-açúcar. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Ceres, GO, 18p. 2020.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Myrelly Marques Pereira; Naisaura Duarte da Silva.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise da resistência do concreto com a substituição parcial do agregado miúdo pela cinza do bagaço de cana-de-açúcar

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

É concedida à Unievangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Myrelly Marques Pereira
76.300-000 - Ceres/GO – Brasil

Naisaura Duarte da Silva
76.310-000-Rialma/GO-Brasil

**MYRELLY MARQUES PEREIRA
NAISAURA DUARTE DA SILVA**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO COM A SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO
AGREGADO MIÚDO PELA CINZA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA
CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA
A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

APROVADO POR:

Professora Ma. Jéssica Nayara Dias
Orientadora – UniEVANGÉLICA Campus Ceres

Professor Me. Charles Lourenço de Bastos
Examinador interno – UniEVANGÉLICA Campus Ceres

Professor Me. Vilson Dalla Libera Júnior
Examinador interno – UniEVANGÉLICA Campus Ceres

CERES/GO, 22 de junho de 2020

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO COM A SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO PELA CINZA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Myrelly Marques Pereira¹

Naisaura Duarte da Silva²

Jéssica Nayara Dias³

RESUMO

Na produção sucroalcooleira no Brasil ocorre excessiva geração de resíduos, ocasionando uma considerável quantidade de cinzas resultantes da queima do bagaço de cana-de-açúcar utilizado na cogeração de energia elétrica nas usinas. A construção civil discorre um caminho em que a sustentabilidade é deixada em segundo plano, e os procedimentos produtivos são agressivos ao meio ambiente com utilização de recursos não renováveis. Há possibilidades de alternativas sustentáveis reaproveitando e reduzindo resíduos, em busca de um produto menos nocivo ao meio ambiente. Tendo em vista essas oportunidades, o presente artigo busca substituir parcialmente a areia pela cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) na produção de concreto convencional. A análise foi conduzida avaliando a inclusão de CBC com as porcentagens de 20% e 50%, comparando os resultados com um traço padrão. Os traços foram avaliados quanto à consistência e resistência à compressão, o concreto com idade de 28 dias apresentou melhores resultados, em média temos uma resistência de 3,52MPa para o concreto com 0%, 3MPa para o concreto com 20% e 1,92MPa para o concreto com 50%. Os resultados adquiridos apontam para a possibilidade da utilização da cinza, visto que os traços elaborados com substituição abrangeram características similares ao traço de referência.

Palavras-chave: Cinza do Bagaço de Cana-de-Açúcar (CBC). Compósito Cimentício. Concreto. Sustentabilidade.

¹ Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: myrelly13@hotmail.com

² Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: naisa-duarte-@hotmail.com

³ Mestra em Integridade de Materiais da Engenharia (UnB), professora do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: jessicadias.engenharia@gmail.com

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 Concreto	8
2.2 Compósitos cimentícios	9
2.3 Cinza do Bagaço da cana	9
3 PROGRAMA EXPERIMENTAL	10
3.1 Materiais.....	10
3.2 Traços das amostras	11
3.3 Amostras de corpos de prova.....	11
3.4 Moldagem e cura	11
3.5 Resistência à compressão do concreto	12
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	12
4.1 Ensaio de resistência à compressão.....	12
4.2 Ruptura dos corpos de prova	14
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	14
REFERÊNCIAS	15

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população e o conseqüente aumento da demanda por habitação tem levado os países em desenvolvimento a buscarem novas alternativas, especialmente aquelas voltadas para o aproveitamento dos recursos naturais locais, e aproveitamento dos subprodutos gerados em atividades industriais. A utilização desses materiais provenientes de resíduos é vantajosa não apenas pelo aumento das atividades industriais, mas, principalmente devido à redução no estoque de matéria prima de recursos naturais não renováveis, que atualmente são extraídos de maneira indiscriminadas, muitas vezes irracionais (OLIVEIRA, 2006).

Sendo um dos setores que impactam diretamente o meio ambiente, a construção civil vem sendo alvo de inúmeras pesquisas visando substituição de materiais naturais, largamente utilizados, por resíduos que talvez sejam descartados no meio ambiente. Desta forma, uma alternativa é a substituição dos agregados naturais ou do cimento por resíduos na confecção de argamassas e concretos (MACEDO, 2009).

O Brasil vive um excelente momento no setor sucroalcooleiro, é o maior produtor e consumidor de açúcar e etanol do mundo, domina a tecnologia de produção na parte agrícola e também industrial, tem o custo de produção mais baixo em relação a outros países. No processo de produção do complexo sucroalcooleiro gera-se como resíduo o bagaço, utilizado na geração de energia por meio da queima em caldeiras, restando ao final, cinzas residuais do bagaço da cana-de-açúcar (CBC), geralmente lançadas ao meio ambiente de forma inadequada por algumas empresas. Estas cinzas ocupam lugar de destaque dentre os resíduos agroindustriais por resultarem de processos de geração de energia (LIMA et al., 2010).

A cinza usada como adição mineral em conjunto com cimento pode resultar em 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. (ALVARENGA, 2013).

Considerando que a abundância de resíduos, como a cinza de bagaço de cana-de-açúcar, quando descartada de forma inadequada gera alguns problemas ambientais, tais como a contaminação dos solos, da água, problemas para a saúde humana, desenvolvidos pelos focos de criação de mosquitos transmissores de doenças, seu reaproveitamento na matriz do concreto, fazendo deste um compósito cimentício, se mostra uma vantagem tanto para a indústria da construção civil quanto para o meio ambiente. Outro fator preponderante a ser considerado é inserir na construção, um resíduo que seria descartado, reduzindo o consumo da matéria-prima de origem natural, como a areia por exemplo.

Na busca pelo desenvolvimento de construções sustentáveis, torna-se indispensável a produção e uso de materiais biodegradáveis ou provenientes de fontes renováveis, que apresentam resistência adequada, alta capacidade de reciclagem e custo de produção relativamente baixo (JOHN, 2000). Neste cenário sabe-se que o aproveitamento de resíduos pode muitas vezes mostrar melhorias técnicas, além da redução de custos e de impactos ambientais, visto que seu uso tem crescido no mundo inteiro.

Com base no exposto anteriormente, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e ambiental da substituição parcial do agregado miúdo do concreto pela cinza do bagaço de cana-de-açúcar de modo a verificar se ocorre melhoria quanto à resistência e a compressão do mesmo. Desse modo, foi possível analisar a capacidade de utilização da cinza do bagaço de cana-de-açúcar no concreto e ainda obter informações referentes a este resíduo para estudos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Concreto

O concreto é, depois da pedra, da argila e da madeira, um dos materiais de construção mais antigos que a humanidade conhece (SANTOS, 2008). Santos (2008) afirma que os romanos produziam um tipo de concreto com cinza vulcânica (pozolana natural) e cal que permitia a moldagem e a soldagem de peças formadas por grandes blocos de pedra. Pode-se afirmar que o concreto teve a sua origem, em 1756, quando John Smeaton utilizou pela primeira vez uma argamassa calcinada na construção do farol de Eddystone na Inglaterra.

Por definição, o concreto é o material resultante da mistura, em determinadas proporções, de um aglomerante tipo cimento Portland, um agregado miúdo geralmente areia lavada, um agregado graúdo geralmente brita e água, podendo conter adições e aditivos que podem influenciar no seu desempenho (ARAÚJO; RODRIGUES; FREITAS, 2000).

A NBR 6118 (ABNT, 2007) estabelece que a consistência do concreto deva adequar-se às dimensões da peça a ser concretada, com a distribuição da armadura no seu interior e com os processos de lançamento e adensamento utilizados. A proporção entre os materiais usados, ou seja, a dosagem, também denominado traço, precisa suprir os quesitos de resistência, trabalhabilidade e durabilidade preestabelecidas pela obra. De acordo com Gabrich (2008), uma dosagem adequada desses materiais, resultará num concreto cujas propriedades propiciarão vantagens como: elevada resistência, comparada aos outros materiais usados na construção civil (exemplo: aço e madeira) versatilidade, no seu estado plástico, o concreto pode ser moldado em diversas formas e tamanho de acordo com as necessidades de cada obra, ao endurecer torna-se uma pedra artificial com o formato desejado; baixo custo, já que os materiais que o constituem são de fácil obtenção e de custo relativamente baixo.

Desde a fabricação até a fase em que desempenha funções estruturais, o concreto passa por dois estados diferentes: concreto fresco e concreto endurecido. O primeiro é definido como concreto ainda no estado plástico e capaz de ser compactado por métodos normais (Figura 1 a), já o segundo é definido como concreto endurecido que já conta com uma certa resistência (Figura 1 b) (COSTA; APPLETON, 2002).

Figura 1 – Concreto: (a) Estado Fresco e (b) Estado endurecido.



Fonte: CAVA (2018)

Mediante Costa e Appleton (2002), o endurecimento do concreto começa poucas horas após o seu fabrico e aos 28 dias de idade este atinge cerca de 60 a 90% da sua resistência final, dependendo do tipo de cimento e do tipo de cura utilizado.

2.2 Compósitos cimentícios

As adições quimicamente ativas podem melhorar consideravelmente as propriedades do concreto tanto no estado fresco como no endurecido. As adições minerais são materiais silicosos finamente moídos que comumente são adicionados aos concretos em grandes quantidades, com o intuito de melhorar as propriedades de trabalhabilidade, resistência à fissuração térmica e ao ataque de sulfatos, à expansão álcali agregado. Estes materiais podem ser pozolanas naturais ou resíduos de produção industrial, o que traria ainda um benefício no aspecto ambiental (MEHTA; MONTEIRO, 2008). A Federação Europeia de produtos químicos para construção especialista de sistemas de concreto (EFNARC, 2005), mostra no Quadro 1 algumas destas adições e em quais características do concreto elas atuam:

Quadro 1 – Ações das adições minerais.

Adição	Ação
Cinzas Volantes	- Maior coesão; - Menor sensibilidade a variação do teor de água; - Em excesso prejudicam a fluidez;
Sílica ativa	- A elevada superfície específica e grãos esféricos, aumentam a coesão e resistência à segregação; - Eficaz na redução da exsudação; - Rápido endurecimento superficial pode causar dificuldades no acabamento das peças de concreto e na execução de juntas em caso de interrupções momentâneas da aplicação do concreto;
Escória de alto-forno	- Diminui o calor de hidratação; - Presente na composição de alguns cimentos (CPII e CPIII, no Brasil); - Em excesso pode prejudicar consistência física do concreto de alta resistência (CAA) e sua reação lenta pode aumentar o risco segregação.
Outras adições (metacaulim, filer de vidro, pozolanas naturais, filers diversos)	- Podem ser usados ou considerados como adições para o concreto, porem seus efeitos a curto e longo prazo devem ser cuidadosamente e individualmente avaliados.

Fonte: EFNARC, 2005

A partir do aumento do cobrimento mínimo das estruturas, estudado através da substituição de parte do agregado miúdo por compósitos, o ganho de vida útil será maximizado, porque melhora a durabilidade e diminui o custo com reparos e a entrada de agentes agressores como a água (VASCONCELOS, 2009).

2.3 Cinza do Bagaço da cana

A importância da cana-de-açúcar se deve ao fato de ter sua utilização diversificada, empregada como matéria-prima para a fabricação de álcool, açúcar, aguardente. No Brasil, a principal destinação da cana-de-açúcar é na fabricação de açúcar e álcool. No entanto, existem tecnologias, brasileiras e internacionais, por meio das quais se aproveitam diversos subprodutos, tais como, bagaço, palhiço, méis, torta de filtro e vinhaça (RIPOLI; RIPOLI, 2004).

As fibras do bagaço da cana contêm, como principais componentes, cerca de 40% de celulose, 35% de hemicelulose e 15% de lignina, sendo este último responsável pelo seu poder calórico. A celulose e a hemicelulose são as duas formas de carboidratos mais abundantes da natureza e representam um potencial de reserva para a obtenção de produtos de interesse comercial (Figura 2 a). A geração da cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) ocorre na queima do bagaço nas caldeiras durante o processo de cogeração de energia, sendo essa uma fase complementar do aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar no processo de obtenção do açúcar e álcool (Figura 2 b) (FREITAS, 2005).

Figura 2 – Cana de açúcar: a) Bagaço da cana de açúcar; b) Cinza do bagaço da cana de açúcar.



Fonte: FERNANDES (2014)

A ineficiente gestão desses resíduos pode significar desperdício de material e extração de recursos naturais não renováveis, poluição devido ao descarte inadequado e prejuízos econômicos para as prefeituras, tais como enchentes por entupimento das galerias pluviais, contaminação de rios devido a deposição irregular de resíduos de construção e demolição, favorecimento da proliferação de vetores e doenças, além do alto custo para limpeza de terrenos e a diminuição da vida útil dos aterros sanitários (FERNANDES, 2014).

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste trabalho foi encontrada, analisada e avaliada a resistência à compressão do concreto submetido à substituição parcial do agregado miúdo do concreto pela cinza do bagaço da cana-de-açúcar através de uma abordagem experimental. Para tal, foram ensaiados corpos de prova cilíndricos para a comparação dos valores de resistências a compressão obtida para os corpos de prova com e sem substituições, de modo a validar a análise. Nos itens a seguir são descritos os procedimentos adotados na realização do experimento.

3.1 Materiais

Os materiais usados para a produção dos concretos consistiam em agregados graúdos, agregados miúdos, cinza do bagaço da cana-de-açúcar, cimento e água (Figura 3). Os agregados graúdos utilizados são de origem basáltica, denominados brita 0. O agregado miúdo utilizado foi a areia natural (média fina). O cimento utilizado foi o portland tipo – CP II F-32, e a água é da rede de abastecimento da cidade de Ceres- GO.

Figura 3 – Materiais.



Fonte: Próprios Autores (2020)

O programa experimental iniciou com a coleta da CBC na usina CRV localizada na Fazenda Boa Vista Zona Rural do município de Carmo do Rio Verde-GO, a qual passou apenas por um processo de peneiramento manual para que fosse retirado todo tipo de resíduo que não seria incluído no procedimento como, matos e pedras em seguida já estavam prontas para uso.

3.2 Traços das amostras

O traço adotado foi do concreto convencional obtido através de pesquisas devido ao cimento utilizado, sendo um traço comercialmente empregado seguindo os parâmetros e recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2007). O traço unitário do concreto, determinado a cada 1 m³ em volume, foi de 50 kg: 69,4 L: 52 L: 30 L (cimento: areia: brita: água). Para cada grupo de corpos de prova foi calculado e pesado o consumo de areia, sendo substituídas as porcentagens pré-definidas da mesma pela cinza.

3.3 Amostras de corpos de prova

Após a caracterização e pesagem dos materiais, foram moldados 26 corpos de prova (cps) cilíndricos de concreto, com dimensões de 10 cm x 20 cm (diâmetro x altura), todos com o mesmo traço, porém, divididos em três porcentagens de substituição, 6 cps com traço de concreto convencional sem nenhum tipo de substituição, 10 cps com 20% e 10 cps com 50%, substituídos a porcentagem do volume total de areia.

3.4 Moldagem e cura

Com todos os materiais necessários separados e os moldes preparados com desmoldante vegetal, iniciou-se a mistura dos materiais na betoneira com capacidade para 250 L. O processo de adensamento manual foi utilizado na moldagem de todos os 26 corpos de prova, Figura 4, onde pode-se observar em (a) os corpos de prova sem adição, em (b) os corpos de prova com adição de 20% de substituição do agregado miúdo pela cinza e em (c) com uma substituição de 50%. O desmolde de todos os corpos de prova foi feito dois dias após a concretagem, Figura 5, as amostras foram então armazenadas e molhadas uma vez por dia ate que fossem submetidos ao processo de ensaio de resistência à compressão. Este mesmo processo foi feito para todas as substituições propostas.

Figura 4 – Moldagem dos corpos de prova.



Fonte: Próprios Autores (2020)

Figura 5 – Corpos de prova desmoldados.



Fonte: Próprios Autores (2020)

3.5 Resistência à compressão do concreto

Foram definidos para o teste de resistência que metade dos corpos de provas de cada porcentagem teriam vida útil de 7 dias e a outra metade de 28 dias. Assim, ao passar 7 dias, foram submetidos ao ensaio de compressão 3 cps com 0%, 5 cps com 20% e 5 cps com 50%. Ao completar 28 dias de vida, foi realizado o ensaio de resistência à compressão para o restante dos corpos de prova. O ensaio foi executado no laboratório de matérias de construção do Centro Universitário de Anápolis, UniEVANGÉLICA Campus Ceres.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Ensaio de resistência à compressão

Os concretos produzidos apresentaram coesão e trabalhabilidade adequada para a moldagem dos corpos de prova, não houve a ocorrência de exsudação ou segregação dos materiais. Os procedimentos de ensaio foram elaborados e executados através das recomendações da NBR 5739 (ABNT, 2018) que prescreve o método pelo qual devem ser ensaiados à compressão os corpos de prova cilíndricos de concreto, moldados conforme a NBR 5738 (ABNT, 2003) sendo a carga máxima o parâmetro utilizado para o controle de qualidade do concreto.

A Tabela 1 apresenta os valores obtidos de resistência à compressão aos 7 dias de vida do concreto. A Tabela 2, apresenta os resultados das resistências à compressão na idade de 28 dias, ambas trazem os valores da resistência encontrada para 0%, 20% e 50% de substituição da areia pela CBC, todos os valores estão em MPa. Ao final de cada tabela, para cada grupo de corpos de prova é apresentada a média aritmética das resistências.

Com base nas Tabelas 1 e 2, que apresentam os resultados das resistências à compressão, foi montado o Gráfico 1, de modo a permitir uma melhor visualização de comparação das médias dos resultados obtidos para cada idade.

Tabela 1 – Resultado da resistência à compressão aos 7 dias.

7 dias			
	0%	20%	50%
CP1	2,49	1,56	0,95
CP2	2,65	1,99	1,09
CP3	2,64	2,15	0,97
CP4	-	1,56	1,05
CP5	-	1,64	1,01
Média	2,60	1,78	1,01

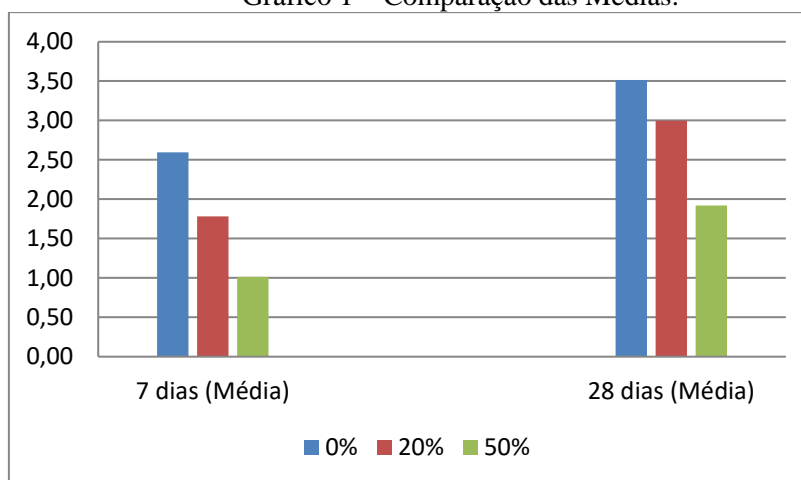
Fonte: Próprios Autores (2020)

Tabela 2 – Resultado da resistência à compressão aos 28 dias.

28 dias			
	0%	20%	50%
CP1	3,27	3,14	1,90
CP2	3,71	2,86	1,95
CP3	3,57	3,22	2,05
CP4	-	2,63	1,74
CP5	-	3,15	1,95
Média	3,52	3,00	1,92

Fonte: Próprios Autores (2020)

Gráfico 1 – Comparação das Médias.



Fonte: Próprios Autores (2020)

É possível observar que para os resultados apresentados nos testes realizados aos 7 dias o concreto sem substituição apresentou maior resistência em relação ao concreto com qualquer uma das substituições. Adotando a média do concreto sem substituição sendo 100% e analisando-a com demais fazendo a comparação, os corpos de prova com 20% de adição apresentaram em relação a media aritimetica aproximadamente 31,5% a menos de resistência em relação ao concreto sem adição, e já o concreto com 50% de adição teve aproximadamente 61,2% a menos de resistência.

Observando os resultados apresentados nos testes realizados aos 28 dias em que se teve um ganho enorme de resistência, o concreto sem substituição também apresentou maior resistência. Adotando também a média do concreto sem substituição como sendo 100% e analisando as demais fazendo a comparação, os corpos de prova com 20% de substituição apresentaram aproximadamente 14,8% a menos de resistência em relação ao concreto sem substituição, e já o concreto com 50% de teve aproximadamente 45,5% a menos de resistencia.

Comparando então o concreto de 20% com o de 50% observamos que o concreto de 20% teve uma perca de resistência bem baixa, com isto foi a porcentagem substituida que teve um ganho de resistência bem proximo ao concreto de referência.

Analizando os resultados do ensaio de um modo geral e comparando as resistências, nota-se que de acordo com o aumento da idade do concreto ele obteve aumento de resistência, o que já era de se esperar, uma vez que o processo de cura foi realizado da forma correta. Na análise realizada às substituições parciais do agregado miúdo pela cinza do bagaço de cana-de-açucar, o traço com 20% de substituição foi o que apresentou melhor resistência para ambas idades de ensaio, o que indica que a resistência do concreto diminuiu de acordo com o aumento da substituição da areia pela cinza.

Uma vez que os corpos com substituição não apresentaram resistências superiores que aquelas apresentadas pelo concreto convencional em nenhum dos casos, os corpos de prova

rompidos aos 28 dias se mantiveram com resistências mais próximas do concreto convencional.

A vantagem econômica deve ser salientada, pois o material proposto como adição, trata-se de um resíduo, o qual ainda não possui custos, fora o transporte, o que pode resultar na diminuição do custo de produção do concreto, considerando neste caso a substituição de 20% da areia pelo material que seria descartado ao meio ambiente.

4.2 Ruptura dos corpos de prova

Observando o modo de ruptura dos corpos de prova, que é apresentada na (Figura 8) observa-se que, quando estes foram prensados, ocorreu um lascamento de camadas. Essa forma observada, foi semelhante em todos os corpos de prova, e, considerando todos com capeamento elastomérico confinado, apresentaram rupturas do tipo cisalhamento lateral e fraturas próximas à base, o que já era previsto pela NBR 5739 (ABNT, 2018).

Figura 8 – Corpo de prova rompido com o uso de prensa hidráulica manual.



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2020)

É válido ressaltar que Menezes (2011) observou que as formas de ruptura dos corpos de prova submetidos às tensões de compressão dependem da condição de atrito entre os corpos de prova e os pratos do equipamento, levando em consideração que no neopreme utilizado no capeamento elastomérico não é aderente ao corpo de prova e devido ao seu baixo módulo de elasticidade acompanha mais facilmente a deformação do concreto comprimido.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, observa-se uma grande necessidade em se reduzir o consumo dos recursos naturais, e, uma vez que o volume de resíduos industriais vem se tornando uma ameaça ao equilíbrio ambiental, utilizá-los em substituição aos naturais se mostra como uma alternativa.

Embora a adição de cinza na fabricação do concreto tenha implicado em uma redução de resistência, é notável que o percentual de substituição de 20% da CBC pela areia, a resistência chega bem próximo daquela tomada como referencial, havendo um decréscimo expressivo após a intervenção superior, aumentando a quantidade do resíduo inserido. Com base no exposto, conclui-se que a produção de concreto com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar tem sua produção pode ser viável em estruturas de baixa resistência, porém, o concreto produzido a partir da

substituição do agregado miúdo até o percentual máximo de 20% tem sua resistência a compressão simples estável com valores próximos a 3,15 MPa, que é uma resistência considerável boa para a proposta do trabalho, que mais se aproxima da resistência do concreto convencional estudado.

Tem-se como um dos fatores mais importantes nessa pesquisa, a tentativa do uso de um material que seria descartado na natureza, que é o caso da CBC, em substituição a um agregado natural, que, por sua vez, seria retirado da natureza, e há pesquisas que mostraram resultados eficientes realizando esse processo. Assim, o material se mostra como uma alternativa para trabalhos futuros buscando obter melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, LUCIANA. **Uso de cinza de bagaço de cana de açúcar na produção de concretos especiais para aplicação em meios agressivos de instalações agroindustriais.** Universidade federal de Viçosa, Minas Gerais, 2013.

ARAÚJO, R.C.L.; RODRIGUES, E.H.V.; FREITAS, E.G.A. **Materiais de construção.** Seropédica, R.J. Editora Universidade Rural, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Concreto – Ensaio de compressão de corpos cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, 2003

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2007.

CAVA, Felipe. **Pavimentos de concreto, propriedades do concreto fresco. Além da inercia.** São Paulo, 2018.

CAVA, Felipe. **Pavimentos de concreto, propriedades do concreto endurecido. Além da inercia.** São Paulo, 2018.

COSTA, A.; APPLETON, J. **Estruturas de Betão I: Parte II Materiais.** Instituto Superior Técnico, 2002.

EFNARC, “**As diretrizes europeias para o concreto autodescendível, especificação, produção e uso**”. Federação Europeia de produtos químicos para construção especialista e sistemas de concreto, 2005.

FERNANDES, S. **Concreto com adição de cinza de bagaço de cana-de-açúcar.** Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2014

FREITAS, E. de S. **Caracterização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar do município de campos dos Goytacazes para uso na construção civil.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, Rio de Janeiro, 2005.

GABRICH, F. M. **Estudo da Influência das adições Mineraias no Comportamento do Concreto sob Ação do Fogo.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós- graduação em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na Construção Civil: contribuição para metodologia de**

pesquisa e desenvolvimento. Tese (Livre Docência) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LIMA, S. A.; SALES, A.; MORETTI, J. P.; ALMEIDA, F. C. R.; SANTOS, T. J. **Caracterização de concretos confeccionados com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar. Tema Caracterização de Materiais.** VI Congresso Internacional sobre patologia e reabilitação de estruturas. Córdoba, Argentina, Jun. de 2010.

MACEDO, P. C. **Avaliação do desempenho de argamassas com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2009.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M., **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**, 1 ed. São Paulo: Editora Pini, 2008.

MENEZES, A. J. R. **Estudo comparativo entre capeamento de corpo-de-prova de concreto com enxofre, uso de neoprene e retificação de topo para ensaio de resistência à compressão axial.** 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará Centro de Tecnologia, Fortaleza, 2011.

OLIVEIRA, C. N. de. **O paradigma da sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificações.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pósgraduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente.** Piracicaba 2004.

SANTOS, M. L. O. **Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para a construção civil.** Domínio Público, 2008.

VASCONCELOS, A. R. B. **Análise experimental da durabilidade de concretos de alto desempenho com adição de resíduo de borracha de pneu e cinza da casca de arroz.** Programa de Pós graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, 2009.