

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS Uni-ANHANGUERA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DESEMPENHO DO CONCRETO ESTRUTURAL SUBSTITUINDO
PARCIALMENTE O AGLOMERANTE PELA CINZA DA CASCA DE
ARROZ**

SUZANE MATOS FERREIRA FRANCO

GOIÂNIA
Novembro/2018

SUZANE MATOS FERREIRA FRANCO

**DESEMPENHO DO CONCRETO ESTRUTURAL SUBSTITUINDO
PARCIALMENTE O AGLOMERANTE PELA CINZA DA CASCA DE
ARROZ**

Trabalho Final de Curso I apresentado ao Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA, sob orientação do Professor Mestre Luiz Frederico de Souza Fleury, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

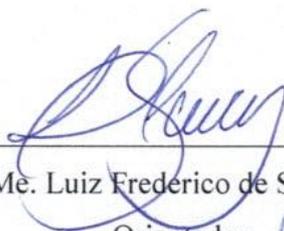
GOIÂNIA
Novembro/2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

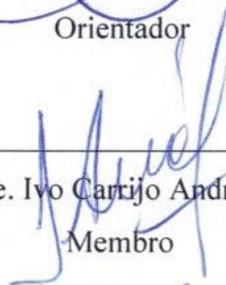
SUZANE MATOS FERREIRA FRANCO

DESEMPENHO DO CONCRETO ESTRUTURAL SUBSTITUINDO PARCIALMENTE O
AGLOMERANTE PELA CINZA DA CASCA DE ARROZ

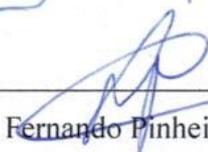
Trabalho Final de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás - Uni-ANHANGUERA, defendido e aprovado em 07 de novembro de 2018 pela banca examinadora constituída por:



Prof. Me. Luiz Frederico de Souza Fleury
Orientador



Prof. Me. Ivo Carrizo Andrade Neto
Membro



Prof. Esp. Fernando Pinheiro Camilo
Membro

RESUMO

A utilização da cinza da casca de arroz (CCA) no concreto é uma possibilidade capaz de reduzir impactos ambientais, destinando adequadamente a cinza e diminuindo o consumo de cimento no preparo do concreto. A cinza da casca de arroz é um material que ao ser introduzido no concreto, e em função das suas características pozolânicas, pode melhorar significativamente suas propriedades mecânicas. No entanto, para que essas características estejam ativas na CCA, é necessário que ela tenha uma finura adequada. O objetivo deste trabalho é estudar, a partir de análise experimental, a substituição parcial do cimento por cinza da casca de arroz com finuras diferentes, obtida a partir de processo de moagem controlado e com tempos distintos. Foi determinado um traço padrão utilizado em todas as amostras avaliadas, variando-se apenas a finura da cinza incorporada ao concreto no processo de mistura. Foram moldados corpos de prova de concreto utilizando diferentes finuras de CCA, além de amostras referenciais sem adição de CCA e com adição da CCA natural (sem passar por moagem). Os dados das amostras de referência serviram de comparativo para o estudo. Depois de moldados, os corpos de prova passaram por ensaio de compressão para avaliar sua resistência mecânica nas idades de 1, 7, 14 e 28 dias. Com base nesses resultados foi possível avaliar a influência da finura da cinza da casca de arroz sobre a resistência do concreto. Os resultados mostraram que, mesmo sem o controle da queima da casca de arroz, ao aumentar sua finura aumentou-se também a resistência à compressão do concreto, ainda que o concreto com CCA sem moagem tenham apresentado valores satisfatórios de resistência mecânica, o que viabiliza o seu uso no concreto estrutural, possibilitando a redução de danos ambientais gerados pelo consumo de cimento e pelo descarte da CCA.

PALAVRAS-CHAVE: Finura da CCA. Tempo de moagem. Resistência mecânica. Pozolana. Impactos ambientais.

1 INTRODUÇÃO

Para resolver o problema de contaminação ambiental devido a produção de enorme quantidade de resíduos resultante do crescimento populacional mundial e do avanço tecnológico, há a necessidade de reutilização de resíduos agrícolas em outros setores produtivos. Dentre esses resíduos agrícolas destaca-se a cinza da casca de arroz, que pode ser utilizada na construção civil como substituta parcial do cimento nos concretos e argamassas. Como o concreto é considerado o segundo material mais consumido no mundo, surge a necessidade de reduzir impactos ambientais gerados por sua produção, evidenciando a possibilidade de absorver subprodutos da agroindústria gerados todos os anos (TASHIMA et al., 2011).

O Brasil é um grande produtor de arroz e sua casca gera muito resíduo. Para que essa casca tenha uma destinação proveitosa percebeu-se sua capacidade de utilização, após devidamente incinerada, como adição do concreto, trazendo a ele um melhor desempenho em sua resistência e oferecendo uma destinação mais adequada para as cinzas da casca do arroz.

Segundo Santos et al. (2013), a utilização da cinza da casca de arroz no concreto aumenta sua durabilidade, pode melhorar sua resistência à compressão e trazer benefícios ambientais ao eliminar grande quantidade de materiais que poluem o meio ambiente. Só no ano de 2017, a safra de arroz no Brasil atingiu mais de 12 milhões de toneladas e no Centro-Oeste a safra foi de mais de 800 mil toneladas (IBGE, 2018). Com base nesses dados estatísticos é possível perceber a importância de destinar adequadamente a cinza da casca do arroz, pois a alta produção em nosso país acaba por gerar um volume muito grande de resíduo.

A cinza da casca de arroz é bastante poluente por apresentar em sua estrutura certa quantidade de carbono residual. Além de prejudicar o solo, pode também trazer prejuízos para a saúde humana, por apresentar um alto teor de sílica, que pode causar uma afecção pulmonar, chamada silicose, após grande exposição (BEZERRA, 2010).

Por outro lado, a produção de cimento também é responsável por grande degradação do meio ambiente devido o consumo de energia, de matéria prima e pela emissão de gases tóxicos que contribuem com a formação do efeito estufa (TASHIMA et al., 2011).

Para diminuir esses impactos causados pela produção do cimento há a possibilidade de substituí-lo parcialmente por pozolanas, como a cinza da casca de arroz (ISAIA et al., 2017). Dessa forma, tanto a disposição adequada da cinza, como a redução do consumo de cimento podem cooperar para diminuição dos danos ao meio ambiente.

Há, porém, uma dificuldade na utilização da cinza da casca de arroz: a inviabilidade causada pela queima não controlada. Santos et al. (2013) dizem que esse problema se dá pela falta de cooperação entre o poder público, a indústria arroseira e da construção civil para adequar os fornos do procedimento de queima, também pela falta de comprometimento com as questões ambientais e o alto custo para a realização da queima controlada. Mas concluem que a substituição parcial do cimento do concreto pela cinza da casca de arroz traz benefícios sociais, técnicos, econômicos e ambientais, bastando que sejam elaborados métodos racionais para solucionar as problemáticas de adotar práticas mais sustentáveis.

Segundo Tiboni (2007), a inclusão de resíduos industriais no concreto, como as pozolanas, é uma boa solução para promover a sustentabilidade, pois são subprodutos poluentes. Também salienta que por ter uma grande porcentagem de sílica em sua composição, é possível utilizar a cinza da casca de arroz em concretos, pois ela possibilita o aumento da resistência a compressão devido sua alta pozolanicidade e grande finura.

Segundo a ABNT NBR 12653 (2012, p. 1), materiais pozolânicos são “materiais silicosos ou silicoaluminosos que, por si só, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que, quando finamente divididos e na presença da água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes”.

A utilização da cinza da casca de arroz torna-se satisfatória devido seu elevado teor de sílica, apresentando características pozolânicas. Quando trabalhadas isoladamente as cinzas não apresentam caráter aglomerante, mas quando são reduzidas a pó fino e introduzidas à presença de água, reagem com o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) e formam compostos cimentantes (BEZERRA, 2010).

A temperatura da queima da casca de arroz é um fator de muita importância para determinar a morfologia da cinza, e sua atividade pozolânica está diretamente ligada à sua composição morfológica e ao tempo de moagem da cinza. Dessa forma, a cinza da casca de arroz deve ser produzida com temperatura inferior a 600°C para possuir em sua morfologia a sílica no estado amorfo, obtendo assim maior reatividade com o cimento e com a cal. Quando queimada em temperaturas muito elevadas surgem fases cristalinas em sua estrutura morfológica que diminuem sua reatividade com outros componentes, tornando-se, portanto, inviável para uso no concreto (PEREIRA et al., 2015).

O teor da sílica ativa é uma propriedade que deve ser considerada em relação à utilização da cinza da casca de arroz no concreto, pois está diretamente relacionado ao controle

no processo de queima da casca de arroz e à moagem (ou finura) da cinza, influenciando assim no ganho de resistência à compressão do concreto (SANTOS et al., 2013).

Conforme Tashima (2006), o processo de moagem da cinza da casca de arroz é necessário, pois ela em seu estado natural apresenta uma granulometria muito grossa, fazendo-se necessária a diminuição de sua finura para aumentar a atividade pozolânica do material.

Tiboni (2007) acrescenta que o grau de moagem é muito importante por interferir na superfície específica e na finura da cinza da casca de arroz, que estão diretamente ligadas à trabalhabilidade. Em seus estudos constatou que a cinza da casca de arroz em seu estado natural apresenta apenas 26,45% de material passando na peneira n° 200 (75 μm) e 16,08% passando na peneira n° 325 (45 μm), por isso, submeteu o material à moagem obtendo uma cinza fina o suficiente, de forma que passando novamente por peneiramento, a porcentagem de cinza da casca de arroz retida nas peneiras foi insignificante.

Para realização da moagem da cinza da casca de arroz os autores têm utilizado alguns tipos de moinhos. Kawabata (2008) realizou a moagem por meio de jarro com cargas esféricas cerâmicas, onde a cinza é colocada no interior desse jarro juntamente com as esferas cilíndricas, assim, quando o moinho é acionado, através de movimentos circulares rápidos, as esferas pulverizam as cinzas. Tiboni (2007) utilizou um moinho de bolas, sendo este de material cerâmico com bolas de mesmo material. Di Campos (2005) submeteu a cinza à moagem em moinho de cargas metálicas esféricas. Uma outra possibilidade seria a utilizada por Isaia et al. (2017), onde parte da cinza foi moída em moinho de bolas e outra parte foi utilizada de forma natural, sofrendo apenas uma moagem conjunta com os agregados na betoneira, a seco.

Pereira et al. (2015), porém, advertem que a utilização de materiais de granulometria muito fina na argamassa reduz sua trabalhabilidade, além de que a utilização da cinza leva a uma hidratação mais rápida da mistura. Puderam concluir que a granulometria ideal para a utilização da cinza da casca de arroz foi de 12 μm , obtida após um tempo de moagem de 30 minutos em moinho de bolas.

Nascimento et. al. (2015) realizaram o processo de moagem com diferentes tempos para obter uma relação entre o tempo de moagem e o tamanho da partícula. Para confirmar o tamanho da partícula utilizaram a técnica de análise de tamanho de partícula via difração de laser. Utilizando “moinho periquito” constataram que com 3 minutos de moagem o resíduo apresenta 90% de suas partículas com tamanho médio de 25, 82 μm e após 10 minutos de moagem o mesmo percentual apresenta tamanho médio de 15,14 μm , evidenciando que o tempo de moagem tem influência sobre o tamanho da partícula.

Para caracterizar a cinza da casca de arroz os autores têm utilizado alguns procedimentos e equipamentos. A maioria dos trabalhos utilizou a cinza da casca de arroz após moagem com finuras inferiores a 75 μm , ou seja, considerando apenas o material passante na peneira #200.

Tashima et al. (2012) verificaram que a substituição de cimento por cinza da casca de arroz em todas as porcentagens obteve ganho de resistência à compressão mesmo retirando uma parte do cimento. Explicam que isso se dá devido a adição de um material pozolânico que, além de seu efeito químico, atua como fíler, diminuindo o tamanho dos poros e, conseqüentemente, aumentando a resistência.

Afim de avaliar o desempenho mecânico do concreto estrutural ao adicionar cinza da casca do arroz com diferentes finuras, foi estudado, por meio de ensaios laboratoriais, as propriedades do concreto estrutural com substituição parcial do cimento pela cinza da casca do arroz. Dessa forma comparou-se o desempenho do concreto sem a utilização da cinza da casca de arroz em relação ao concreto em que se utilizou a cinza, analisando se um maior tempo de moagem (grãos mais finos) resulta em uma maior resistência à compressão do concreto e verificando a viabilidade técnica do uso da cinza da casca do arroz no concreto estrutural.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para determinar se o aumento da finura da cinza da casca de arroz oferece melhor desempenho para o concreto estrutural foram realizadas algumas etapas. Primeiro foi feita a preparação da cinza da casca de arroz. Essa preparação consistiu em fazer moagem prévia do material para alcançar três granulometrias diferentes por meio de três tempos de moagem. Foi realizado um peneiramento das amostras antes e também depois da moagem. Na segunda etapa foi realizada a dosagem do concreto (Método ABCP) e com o traço definido foi feito o preparo do concreto. Um traço foi feito sem adição da cinza, outro foi com adição da cinza da casca de arroz natural e os outros três traços foram realizados com a adição da cinza moída (cada um com uma finura diferente de cinza da casca de arroz, obtida por meio de tempos de moagem distintos). Depois realizou-se a moldagem e cura dos corpos de prova conforme a ABNT NBR 5738:2015. Por fim foi realizado ensaio de compressão de corpo de prova cilíndrico de acordo com a ABNT NBR 5739:2007.

Os ensaios foram realizados no laboratório de construção civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA. O fluxograma da figura abaixo traz um resumo acerca dos tempos de moagem da cinza e as porcentagens de cimento Portland e de cinza da casca de arroz em cada traço de concreto estudado:

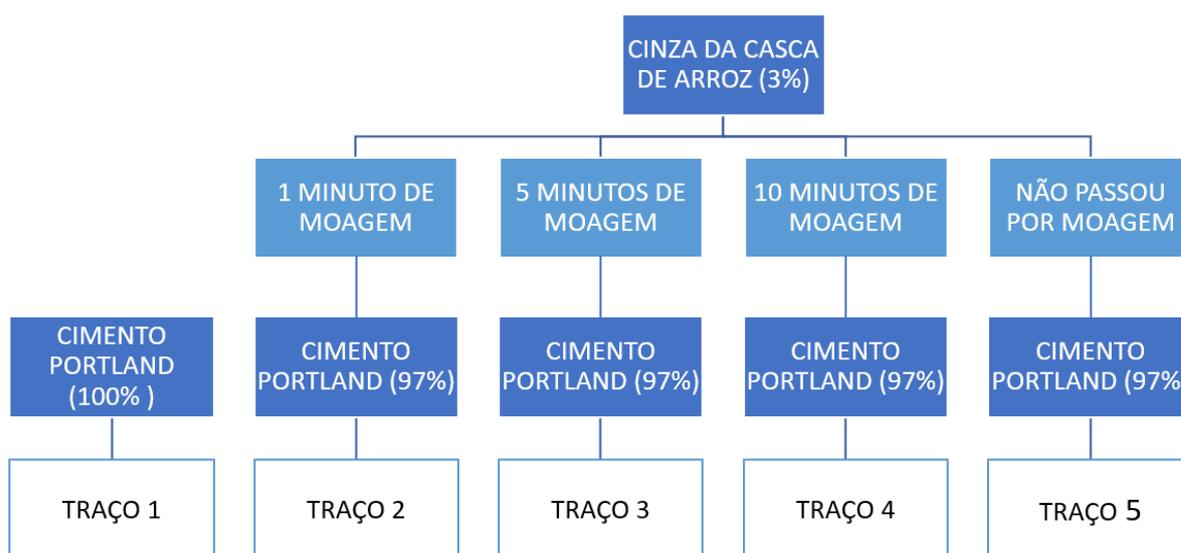


Figura 1 - Diferenciação dos traços de concreto da análise experimental

2.1 Preparo da Cinza da Casca de Arroz

A cinza da casca de arroz utilizada foi fornecida por uma empresa local onde a queima não é controlada. O material adquirido continha partes com casca de arroz sem queimar, podendo afetar negativamente no desempenho mecânico do concreto. Por isso foi necessário passar o material por peneiramento prévio em peneira com abertura de malha igual a 1,18 mm. O critério de escolha da peneira foi utilizar uma que passasse o máximo de cinza e o mínimo de material não queimado. Na imagem a seguir é possível observar o material utilizado. Do lado esquerdo encontra-se o material passante na peneira e do lado direito o material retido. Mesmo após o peneiramento foi possível observar partes não queimadas da casca de arroz na amostra utilizada.



Figura 2 – Peneiramento da cinza da casca de arroz natural

Foi peneirado uma quantidade de material até que fosse obtido 8,7 kg de material passante na peneira, ficando retido na peneira aproximadamente 17% de todo o material peneirado. Depois foram separadas três amostras com 2,5 kg de material em cada uma para passar por moagem com tempos de moagem distintos, e 1,2 kg do material foi reservado para ser utilizado sem passar por moagem. Foram obtidas então as seguintes amostras de cinza da casca de arroz:

- Amostra 1: material que passou por 1 minuto de moagem (40 rotações do moinho);
- Amostra 2: material que passou por 5 minutos de moagem (188 rotações do moinho);
- Amostra 3: material que passou por 10 minutos de moagem (378 rotações do moinho);
- Amostra 4: material que não passou por moagem.

A moagem da cinza foi feita utilizando um moinho Los Angeles (STMH-3 Los Angeles Splitter Abrasion Testing Machine). A quantidade de cinza inserida no moinho foi sempre a mesma para todas as amostras (2,5 kg) para que a quantidade não interferisse no desempenho do moinho e, conseqüentemente, no resultado da finura de cada amostra. Após ser realizada a moagem, o material retirado do moinho passou novamente por peneiramento em peneira com abertura de malha de 425 μm .

Após a moagem, ao submeter as amostras a peneiramento (abertura de malha de 425 μm), constatou-se que para a amostra 1 somente 63,3% do material passou pela abertura da peneira, para a amostra 2 passou 83,3% de material e a amostra 3 teve 92,3% de material passante na peneira. A amostra 4 não passou por este segundo peneiramento, já que não foi moída. O material retido na peneira foi descartado.

2.2 Dosagem do Concreto

A dosagem para determinação do traço utilizado foi realizada pelo método da ABCP. O traço foi único para todas as amostras, sendo que as amostras com cinza da casca de arroz tiveram a substituição direta de 3% da quantidade de cimento (em massa). Foi calculado um traço para um fck de 25 MPa

Para a dosagem foi fixado um abatimento de 160 mm, que foi posteriormente verificado por meio do ensaio de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (NBR NM 67:1998). No entanto este valor não foi corrigido na dosagem, uma vez que todos os corpos de prova foram moldados com o mesmo traço. Portanto, não influencia nos resultados.

Para os agregados não foram realizados os ensaios para determinação do módulo de finura e a massa específica. Os valores utilizados foram por estimativa, pois não são relevantes para o estudo em questão, já que para todos os traços utilizou-se o mesmo material, e os mesmos dados.

Os materiais utilizados no cálculo da dosagem e, posteriormente, no preparo do concreto foram: brita 0, areia média e cimento Portland CP II E 32 da marca Cimento Montes Claros. Após o cálculo da dosagem foi obtido um traço de 1:1,17:1,35, com um fator água/cimento igual a 0,44. Dessa maneira foi realizado o preparo do concreto utilizando uma betoneira rotativa para realização da mistura.

2.3 Moldagem e cura dos corpos de prova

A moldagem e cura dos corpos de prova foram realizadas conforme a norma regulamentadora vigente para essa finalidade (ABNT NBR 5738:2015). Foram moldados, para cada traço, 20 corpos de prova de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura, e sua cura foi realizada em câmara úmida até o dia do ensaio.

2.4 Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

O ensaio foi realizado com uma prensa de compressão hidráulica (LM-02 Type Digital Dynamometry Appa) para determinar a resistência do concreto. Cada traço teve suas amostras rompidas com as idades de 1, 7, 14 e 28 dias, sendo cinco corpos de prova para cada idade. Portanto, totalizaram 100 corpos de prova ensaiados obedecendo a ABNT NBR 5739 (2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização do ensaio de ruptura à compressão das amostras dos cinco tipos de concreto, tendo sido ensaiados cinco corpos de prova de cada traço para cada idade de estudo, foram obtidos os resultados dispostos a seguir:

Tabela 1 – Resistência das amostras de concreto

| AMOSTRA | RESISTÊNCIA (MPa) | | | |
|-----------------------------------|-------------------|--------|---------|---------|
| | 1 dia | 7 dias | 14 dias | 28 dias |
| SEM CCA | 8,1 | 24,4 | 28,4 | 30,9 |
| | 9,0 | 23,4 | 28,6 | 31,5 |
| | 9,2 | 23,5 | 29,0 | 31,6 |
| | 7,5 | 23,9 | 27,5 | 35,1 |
| | 8,3 | 23,2 | 27,2 | 34,0 |
| CCA NATURAL | 8,6 | 23,1 | 27,1 | 31,4 |
| | 8,4 | 21,8 | 27,8 | 30,7 |
| | 7,6 | 23,3 | 26,4 | 30,5 |
| | 8,5 | 23,1 | 27,7 | 31,8 |
| | 8,7 | 22,1 | 25,6 | 31,2 |
| CCA MOÍDA 1 minuto de moagem | 6,9 | 21,9 | 26,7 | 30,5 |
| | 7,5 | 21,0 | 27,0 | 30,7 |
| | 7,1 | 19,9 | 26,2 | 31,5 |
| | 7,2 | 21,1 | 26,1 | 31,2 |
| | 7,7 | 19,9 | 26,3 | 31,0 |
| CCA MOÍDA 5 minutos de moagem | 7,5 | 23,3 | 25,6 | 32,9 |
| | 7,9 | 24,5 | 28,0 | 32,1 |
| | 7,4 | 23,2 | 29,0 | 31,1 |
| | 7,8 | 23,5 | 29,0 | 30,9 |
| | 8,1 | 22,9 | 28,3 | 31,8 |
| CCA MOÍDA 10 minutos de moagem | 7,4 | 24,3 | 25,9 | 32,7 |
| | 7,3 | 23,5 | 28,5 | 31,8 |
| | 7,9 | 22,3 | 28,8 | 32,6 |
| | 7,9 | 23,4 | 28,4 | 33,4 |
| | 7,9 | 22,4 | 29,4 | 32,4 |

Para melhor analisar os resultados, comparando as amostras de concreto em que se utilizou diferentes tempos de moagem da cinza da casca de arroz (CCA) em relação às amostras de referência (concreto em que não se utilizou a cinza) e também do concreto em que a utilizou de forma natural (somente peneirada), foram calculadas as médias dos resultados de resistência à compressão por idade estudada, estando estes valores expostos no gráfico a seguir:

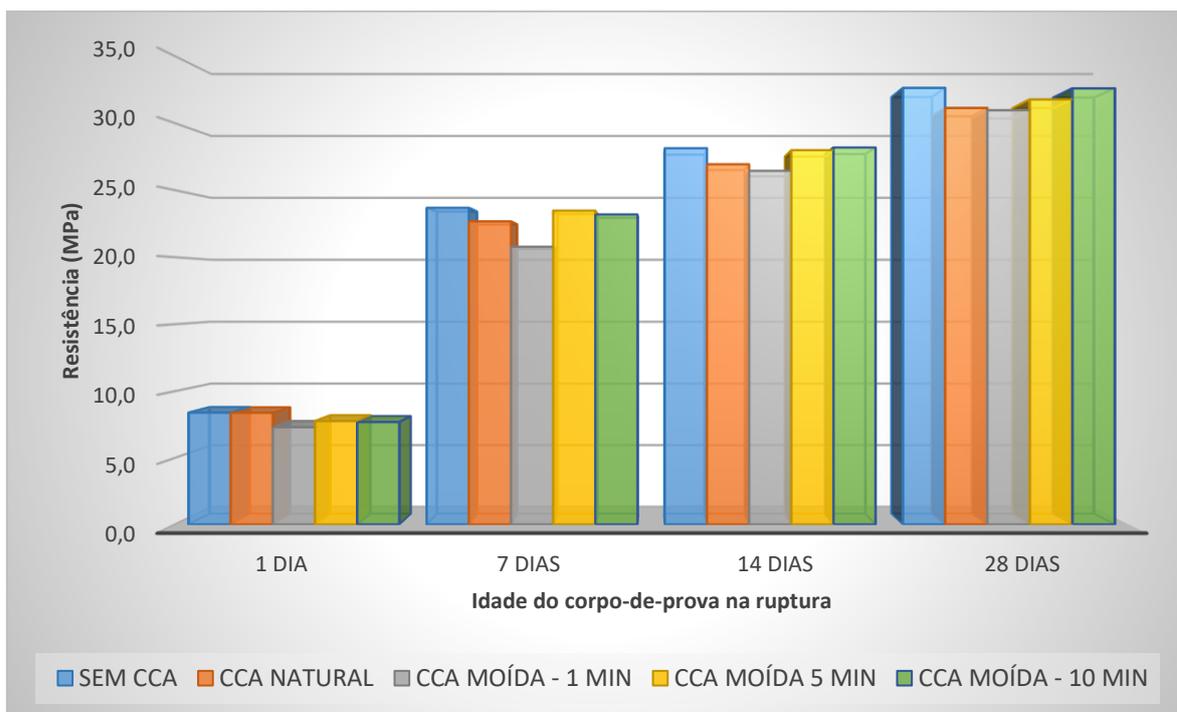


Figura 3 – Média dos resultados de ruptura das amostras de concreto

Ao analisar o gráfico observa-se que as amostras em que se utilizou CCA moída durante 1 minuto obtiveram as menores resistências em todas as idades, sendo estes valores menores até mesmo que as amostras em que se utilizou CCA natural, evidenciando assim a desvantagem do uso da cinza sob essas condições. Outro prejuízo que se destacou no preparo das amostras de cinza da casca de arroz moída durante 1 minuto, foi que quando se fez o peneiramento em peneira com abertura de malha igual a $425 \mu\text{m}$ após a moagem, houve uma perda de aproximadamente 37% do material, ou seja, 37% do material ficou retido na peneira. Isso se deu devido grande parte da amostra ter ainda uma granulometria muito grossa.

Para as amostras de concreto com cinza da casca de arroz moídas durante 5 minutos e durante 10 minutos observou-se uma melhora nos resultados de resistência à compressão em relação à amostra em que se utilizou a CCA natural na maioria das idades. Os resultados aos 28 dias mostram o concreto em que utilizou a cinza natural (que não passou por moagem) com uma resistência média de 31,1 MPa, em seguida a cinza que passou por 5 minutos de moagem com uma resistência de 31,8 MPa, e, por fim, a cinza que passou por 10 minutos de moagem com uma resistência maior que as duas anteriores, sendo de 32,6 MPa. Isso comprova a afirmativa de que quanto mais fina for a cinza da casca de arroz utilizada no concreto, maior será a resistência obtida, pois ao diminuir a finura é aumentada a atividade pozolânica do material.

Comparando as amostras de CCA que passaram por 5 e 10 minutos de moagem com as amostras em que não se utilizou a cinza, percebe-se que os resultados das resistências foram semelhantes. Aos 28 dias, a média dos resultados de resistência mostram que tanto as amostras de concreto sem a utilização da cinza da casca de arroz, como as amostras de concreto com CCA moída durante 10 minutos atingiram 32,6 MPa. A amostra em que utilizou a CCA moída durante 5 minutos teve sua resistência um pouco menor, atingindo a média de 31,8 MPa, porém é menos que 1 MPa de diferença das duas anteriores. Com isso, pode-se verificar a viabilidade do uso do cinza da casca de arroz no concreto, de forma que esse material, que seria descartado, pode ser bem empregado no concreto sob essas condições, atingindo valores semelhantes ao concreto convencional, onde não é utilizada a cinza da casca de arroz.

4 CONCLUSÕES

Mediante o estudo realizado percebe-se a viabilidade do uso da cinza da casca de arroz no concreto estrutural, pois ao utilizá-la com diferentes granulometrias na mistura do concreto observou-se que os resultados de resistência foram similares ao resultado do concreto em que não a utilizou.

Outro fato observado é a melhoria da resistência ao reduzir a finura da cinza da casca de arroz. É provável que se forem realizados mais estudos utilizando tempos de moagem maiores do que os tempos utilizados neste trabalho, possa obter um concreto com resistências superiores ao concreto em que não se utilizou a cinza da casca de arroz. Isso pode ser observado na comparação dos resultados deste estudo, onde houveram diferenças nas resistências de cada amostra, aumentando a resistência conforme aumentava-se a finura do material, porém com variações baixas, já que a diferença de tempos de moagem também foi pequena.

Quanto à viabilidade, percebe-se que o uso da cinza da casca de arroz natural no concreto é mais compensativo do que o concreto com a cinza moída, pois, apesar de o concreto obter ganhos de resistência ao moer a cinza, esses valores, nos tempos de moagem estudados, não são tão significativos, já que o concreto com a CCA natural (somente peneirada) obteve uma resistência bem próxima ao concreto sem a utilização da cinza. Nas condições deste trabalho observa-se também que a moagem da cinza da casca de arroz durante 1 minuto piorou sua qualidade, tornando inviável seu uso nessa condição, tanto pelo resultado de resistência obtido, como por sua falta de eficiência energética, já que o material tem que passar por um procedimento a mais (moagem) em relação à cinza natural.

Sabe-se que o controle da queima e a finura da cinza da casca de arroz são fatores que determinam sua pozolanicidade. No entanto, vale destacar que a cinza utilizada foi obtida por queima não controlado, porém, mesmo assim foram obtidos resultados favoráveis quanto à resistência desse concreto. Com isso é possível verificar o grande potencial que a cinza da casca de arroz tem, sendo seu uso compensativo mesmo sem o controle de sua queima e até mesmo sem reduzir sua finura. Sob a ótica ambiental esses são itens de grande importância a serem observados, pois este material que muitas vezes é apenas descartado tem capacidade de ter utilidade na produção de concreto reduzindo os danos ao meio ambiente.

Os impactos ambientais que podem ser reduzidos também envolvem o consumo de cimento na mistura do concreto, pois em sua produção há um alto consumo de energia e matéria prima, além da emissão de gases tóxicos na atmosfera. Com o uso da cinza da casca de arroz

no concreto substituindo parcialmente o cimento, há uma diminuição do consumo deste material trazendo benefícios ambientais e também econômicos.

Do ponto de vista econômico a cinza da casca de arroz é um material bem acessível por ser um elemento que seria descartado, reduzindo o custo final do concreto ao utilizá-la em substituição parcial do Cimento Portland. O cimento é o elemento de maior representatividade econômica na composição do concreto estrutural, por isso também há a importância de encontrar elementos que possam substituí-lo, garantindo as propriedades do concreto, e possibilitando reduções de custo das obras.

Quanto à disponibilidade desse material para uso é evidente sua abundância devido à alta produção de arroz no Brasil e no mundo, que conseqüentemente gera essa grande quantidade de resíduo. Sendo inevitável a geração deste resíduo, é importante dar uma destinação adequada a ele, diminuindo os impactos gerados no meio ambiente.

Mais estudos podem ser realizados para avaliar melhor o uso da cinza da casca de arroz no concreto. Seria importante investir na análise química e mineralógica da cinza para verificar sua pozolanicidade e identificar tanto o teor de sílica como o teor de outros componentes que fazem parte de sua constituição. Ao moer a cinza da casca de arroz seria interessante caracterizar sua finura fazendo ensaios para determinar a curva granulométrica das amostras. Nesse sentido, poderia ainda avaliar, nas mesmas condições deste trabalho, se a alteração do percentual de cinza da casca de arroz que substitui o cimento contribui positiva ou negativamente para a resistência mecânica do concreto. Estudos utilizando tempos maiores de moagem podem mostrar diferenças mais significativas na finura da cinza e, conseqüentemente, na resistência do concreto.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**. Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653**. Materiais pozolânicos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.
- BEZERRA, I. M. T. **Cinza da casca do arroz utilizada em argamassas de assentamento e revestimento**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010
- DI CAMPOS, M. S. **Aproveitamento das cinzas da queima da cama sobreposta de suínos para substituição parcial do cimento Portland**. 2005. 121 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=destaques>> Acesso em: 20 mar. 2018.
- ISAIA, G. C.; ZERBINO, R. L.; GASTALDINI, A. L. G.; SENSALÉ, G. R. Viabilidade do emprego de cinza de casca de arroz natural em concreto estrutural (parte II): durabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 233-252, abr./jun. 2017.
- KAWABATA, C. Y. **Aproveitamento de cinzas da queima de resíduos agroindustriais na produção de compósitos fibrosos e concreto leve para a construção rural**. 2008. 165 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Faculdade de Zootecnia e engenharia de alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.
- NASCIMENTO, G. C.; DOMINGUINI, L.; MELLO, J. M. M.; MAGRO, J. D.; RIELLA, H. G.; FIORI, M. A. Caracterização físico-química da cinza da casca de arroz oriunda do processo termelétrico do sul de Santa Catarina – Brasil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37 n. 4 set-dez. 2015, p. 634-640
- PEREIRA, A. M.; SILVA, C. A. R. da, QUEIROZ, D. C. de A.; MORAES, M. J. B. de; MELGES, J. L. P.; TASHIMA, M. M.; AKASAKI, J. L. Estudo das propriedades mecânicas

do concreto com adição de cinza de casca de arroz. **Revista Matéria**, Ilha Solteira, v. 20, n. 1, p.227-238, mai.2015.

TIBONI, R. **A utilização da cinza da casca de arroz de termoelétrica como componente do aglomerante de compósitos à base decimento Portland**. 2007. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos,2007.

TASHIMA, M. M. **Cinza de Casca de Arroz altamente reativa: método de produção, caracterização físico-química e comportamento em matrizes de cimento Portland**. 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia UNESP, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2006.

TASHIMA, M. M.; FIORITI, C. F.; AKASAKI, J. L.; BERNABEU, J. P.; SOUSA, L. C; MELGES, J. L. P. Cinza da casca de arroz (CCA) altamente reativa: método de produção e atividade pozolânica. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 151-163, abr./jun. 2012.

TASHIMA, M. M.; SOUSA L. C.; AKASAKI, J. L.; SILVA, E. J. da; MELGES J. L. P.; BERNABEU, J. J. P. Reaproveitamento da cinza da casca de arroz na construção civil. **Holos Environment**, Ilha Solteira, v.11 n.1, p. 81-89, 2011

SANTOS, W. J.; ROCHA, D. E. M.; GONÇALVES, I. O.; PIRES, W. R. F.; ARAUJO, P. J. P. Panorama da viabilidade da adição de cinza da casca de arroz ao concreto e seu potencial para as usinas de biomassa. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, Sergipe, v. 1, n.17, p. 59-70, out. 2013.

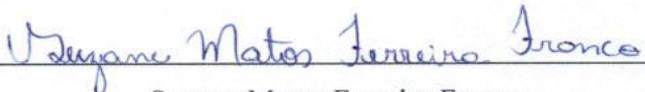
DECLARAÇÃO E AUTORIZAÇÃO

Eu, **Suzane Matos Ferreira Franco**, portador (a) da Carteira de Identidade nº **5916738**, emitida pela **polícia civil do estado de Goiás**, inscrito (a) no CPF sob nº **700.901.091-98**, residente e domiciliado(a) na **rua Matrinchã, quadra 06, lote 01, residencial Aquários**, na cidade de **Goiânia**, estado de **Goiás**, telefone fixo **(62)3223-9049** e telefone celular **(62)98213-9516**, e-mail: **suzane.mferreira@gmail.com**, declaro, para os devidos fins e sob pena da lei, que o Trabalho de Conclusão de Curso: **Desempenho do concreto estrutural substituindo parcialmente o aglomerante pela cinza da casca de arroz**, é uma produção de minha exclusiva autoria e que assumo, portanto, total responsabilidade por seu conteúdo.

Declaro que tenho conhecimento da legislação de Direito Autoral, bem como da obrigatoriedade da autenticidade desta produção científica. Autorizo sua divulgação e publicação, sujeitando-me ao ônus advindo de inverdades ou plágio e uso inadequado de trabalhos de outros autores. Nestes termos, declaro-me ciente que responderei administrativa, civil e penalmente nos termos da Lei 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que altera e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

Pelo presente instrumento autorizo o Centro Universitário de Goiás, Uni-ANHANGUERA a disponibilizar o texto integral deste trabalho tanto na biblioteca, quanto em publicações impressas, eletrônicas/digitais e pela internet. Declaro ainda, que a presente produção é de minha autoria, responsabilizo-me, portanto, pela originalidade e pela revisão do texto, concedendo ao Uni-ANHNAGUERA plenos direitos para escolha do editor, meios de publicação, meios de reprodução, meios de divulgação, tiragem, formato, enfim, tudo o que for necessário para que a publicação seja efetivada.

Goiânia, 07 de novembro de 2018



Suzane Matos Ferreira Franco

DESEMPENHO DO CONCRETO ESTRUTURAL SUBSTITUINDO PARCIALMENTE O AGLOMERANTE PELA CINZA DA CASCA DE ARROZ

FRANCO, Suzane Matos Ferreira¹; FLEURY, Luiz Frederico de Souza²

¹Aluna do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA.

²Professor Orientador Me. do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA.

A utilização da cinza da casca de arroz (CCA) no concreto é uma possibilidade capaz de reduzir impactos ambientais, destinando adequadamente a cinza e diminuindo o consumo de cimento no preparo do concreto. A cinza da casca de arroz é um material que ao ser introduzido no concreto, e em função das suas características pozolânicas, pode melhorar significativamente suas propriedades mecânicas. No entanto, para que essas características estejam ativas na CCA, é necessário que ela tenha uma finura adequada. O objetivo deste trabalho é estudar, a partir de análise experimental, a substituição parcial do cimento por cinza da casca de arroz com finuras diferentes, obtida a partir de processo de moagem controlado e com tempos distintos. Foi determinado um traço padrão utilizado em todas as amostras avaliadas, variando-se apenas a finura da cinza incorporada ao concreto no processo de mistura. Foram moldados corpos de prova de concreto utilizando diferentes finuras de CCA, além de amostras referenciais sem adição de CCA e com adição da CCA natural (sem passar por moagem). Os dados das amostras de referência serviram de comparativo para o estudo. Depois de moldados, os corpos de prova passaram por ensaio de compressão para avaliar sua resistência mecânica nas idades de 1, 7, 14 e 28 dias. Com base nesses resultados foi possível avaliar a influência da finura da cinza da casca de arroz sobre a resistência do concreto. Os resultados mostraram que, mesmo sem o controle da queima da casca de arroz, ao aumentar sua finura aumentou-se também a resistência à compressão do concreto, ainda que o concreto com CCA sem moagem tenham apresentado valores satisfatórios de resistência mecânica, o que viabiliza o seu uso no concreto estrutural, possibilitando a redução de danos ambientais gerados pelo consumo de cimento e pelo descarte da CCA.

PALAVRAS-CHAVE: Finura da CCA. Tempo de moagem. Resistência mecânica. Pozolana. Impactos ambientais.

