

ESTUDO DA ADIÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ EM PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA

Natassia Bratti da Silva (1), Bruno do Vale Silva (2).

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)natassia.bratti@hotmail.com, (2)dovalesilva@unesec.net

RESUMO

A crescente demanda por soluções econômicas e sustentáveis para a diminuição do impacto ambiental devido à produção de cimento, resulta na procura por alternativas econômicas, principalmente através de resíduos industriais. A cinza de casca de arroz (CCA) quando obtida através de queima controlada e moagem determinada, torna-se um material pozolânico possível substituto para o cimento. Neste estudo a CCA foi novamente queimada para combustão completa da matéria orgânica, moída e aplicada como substituta parcial do cimento Portland em proporções de 0%, 5% e 15%, na fabricação de peças de concreto para pavimentação intertravada. A CCA foi analisada química e fisicamente, para a certificação das propriedades que deveriam ser alcançadas. As peças de concreto foram ensaiadas com idades de 7, 28 e 56 dias para análise de resistência à compressão, além da verificação de absorção de água. Em relação ao índice de atividade pozolânica e absorção de água, os resultados mostraram-se satisfatórios. Já os resultados de resistência à compressão não trouxeram dados significativos para a utilização de CCA substituindo o cimento aos 7, 28, e 56 dias. Conclui-se de uma maneira geral que as composições de concretos com a adição de CCA apresentadas neste trabalho precisam ser aprimoradas para atender a resistência mínima de 35 MPa recomendada pela ABNT.

Palavras-Chave: Cinza de casca de arroz, Cimento Portland, Pozolana, Peças de concreto, Pavimentação intertravada.

1. INTRODUÇÃO

Com o contínuo aumento da demanda por alimentos e produtos oriundos da transformação da matéria prima em bens de consumo, a produção de resíduos através destes processos de fabricação está cada vez mais elevada (SANTOS, 2006). Observando este cenário, vários pesquisadores buscam soluções para a reutilização destes resíduos, diminuindo a sua estocagem, reduzindo custos e até gerando renda.

Outro aspecto importante é a produção de cimento no Brasil, que segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Cimento, em 2014 foram produzidos cerca de 73

milhões de toneladas (SNIC, 2015). Esta produção em larga escala gera grandes impactos ambientais.

De acordo com vários autores que observaram os impactos gerados ao meio ambiente, a fabricação do cimento é a maior responsável pelo consumo de reservas naturais. Assim, a busca por alternativas que reduzam o impacto ambiental, substituindo total ou parcialmente o cimento, se torna cada vez mais importante para o cenário atual.

Por outro lado a produção de arroz no país está concentrada na região sul com 77,9% do total, onde 66,5% está localizada no Rio Grande de Sul e 8,5% do total nacional em Santa Catarina (CONAB, 2015). O arroz, dentre os cereais colhidos no Brasil, é o que atinge maior teor de cinzas produzidas (23%), em segundo lugar está a produção de cana de açúcar com 15% do total. A casca de arroz é um material fibroso, constituído quase que em sua totalidade de celulose, lignina e resíduo orgânico, possuindo baixa densidade e alto volume (DELLA, *et. al*, 2005).

A cinza de casca de arroz, CCA, é um resíduo agro-industrial, gerado através da queima da casca do arroz, encontrada nas regiões produtoras do cereal, que se torna fonte de poluição e contaminação.

No procedimento de beneficiamento do arroz, surge primeiramente a casca, que hoje é considerada um subproduto. Possuindo um alto poder calorífico (≈ 3000 kcal/kg), ela é amplamente utilizada no setor industrial como fonte de energia, tanto no processo do beneficiamento do próprio arroz (secagem, parboilização), como em outros processos industriais (frigoríficos e fábricas de adubo) (POUEY, 2006).

Quando queimada a baixas temperaturas, a casca gera uma cinza com determinado teor de carbono, atribuindo ao seu aspecto uma coloração escura. Mas quando o processo é feito por combustão completa, as altas temperaturas atribuem ao material uma coloração de branco a cinza clara, dependendo do procedimento de queima e das impurezas existentes (TASHIMA *et. al*, 2012).

Várias literaturas apontam que as características físico-químicas e a estrutura morfológica da cinza proveniente da casca de arroz vão depender de condições como: temperatura de queima, tempo, taxa de aquecimento e atmosfera de calcinação.

Após a combustão da matéria orgânica existente na casca do arroz, o resultado é um material com pouquíssimos nutrientes e uma cinza de difícil degradação (DELLA

et. al, 2005). De acordo com Cordeiro *et. al* (2014), queimas com temperaturas entre 500°C a 950°C, resultaram em um material com 80 a 95% de SiO₂ (sílica), apresentando pozolanicidade suficiente para resultados satisfatórios.

Devido ao grande percentual de sílica, a CCA resultante possibilita o emprego da mesma no setor da construção civil, como pozolana em cimentos, argamassas e concretos ou até na produção de tijolos, refratários, vidros, entre outros.

A pozolana proveniente da casca do arroz é classificada segundo Carmo e Portella (2008), como um material altamente pozolânico, com grande potencial para uso no Brasil. Dentre as principais vantagens da adição está o ganho de resistência mesmo com a diminuição da taxa de cimento aplicado e na microestrutura, a CCA ajuda na formação de uma matriz mais definida, uma estrutura menos porosa (PEREIRA *et. al*, 2015).

A sílica no concreto, juntamente com água, reage com o hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), produzindo silicato de cálcio hidratado (C-S-H) durante a hidratação do cimento Portland (reação pozolânica), resultado disso é a produção de fases mais estáveis e com maior poder aglomerante, que são responsáveis pela resistência das pastas de cimento hidratadas. Essa transformação química traz ao concreto maior resistência ao ataque de ácidos e sulfatos (CARMO e PORTELLA, 2008).

Em relação aos assuntos apresentados, este artigo tem como objetivo avaliar a produção da cinza de casca de arroz como substituição ao cimento Portland na fabricação de peças de concreto para pavimentação intertravada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. MATERIAIS UTILIZADOS

A cinza de casca de arroz (CCA) empregada é proveniente de uma beneficiadora de arroz do município de Jacinto Machado/SC. O material coletado é resultante da parboilização do arroz, onde a casca foi utilizada como subproduto (fonte de energia) para as caldeiras responsáveis pelo aquecimento de água, produzindo uma CCA de coloração escura, devido a sua combustão incompleta.

O cimento Portland utilizado foi o CP V ARI RS, por apresentar alta resistência inicial para melhorar a produção em alta escala industrial. Essa propriedade é resultante da diferente dosagem de calcário e argila na produção do clínquer e da moagem mais fina do cimento. A brita utilizada como agregado graúdo foi a brita 0 ($D_{MÁX} = 9,5$ mm) de acordo com a ABNT NBR 7211 (2009). Como agregado miúdo utilizou-se areia natural média com $D_{MÁX} = 2,4$ mm e areia artificial (pó de brita) com $D_{MÁX} = 4,8$ mm. E por fim, foi utilizado aditivo plastificante para melhorar a plasticidade do concreto.

2.2. MÉTODOS

Para a análise dos objetivos, os métodos foram divididos em três etapas:

- Produção e ativação da CCA;
- Composição dos traços de concreto para moldagem das peças de concreto com diferentes dosagens de CCA.
- Realização dos ensaios nas cinzas obtidas e nas peças de concreto para pavimentação intertravada.

2.2.1. Produção e ativação da CCA

2.2.1.1. Queima

Para a obtenção da sílica amorfa, altamente reativa, foi realizada a queima controlada em forno. As cinzas de casca de arroz foram separadas em partes iguais (pilhas de 5 kg), e queimadas em forno do tipo mufla, com volume interno de $0,16$ m³. Utilizou-se uma taxa de aquecimento de $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ até atingir a temperatura de 750 °C, esta foi mantida durante duas horas e após este tempo o forno foi desligando até atingir a temperatura ambiente.

2.2.1.2. Moagem

De modo a potencializar a sua reatividade, através da redução de suas partículas, as CCA's devem ser moídas. Após o procedimento de queima, as cinzas passaram por processo de moagem em moinho horizontal de bolas do tipo gira-jarros, em

jarros de capacidade de 5 litros, com 30% de seu volume de bolas e 50% de CCA, com uma frequência de 180 rotações/min, por um período de 25 min.

2.2.2. Composição dos traços de concreto para moldagem das peças de concreto para pavimentação intertravada

Os traços de concreto foram realizados utilizando três composições, variando a quantidade de cimento substituído por CCA, estimando uma resistência mínima de 35 MPa, segundo a ABNT NBR 9781(2013) para tráfego de veículos leves e veículos comerciais de linha, como pode ser verificado na Tabela 01.

Tabela 01 – Composição das misturas.

| Composição | Cimento CP V | CCA | Areia natural | Areia artificial | Brita 0 | a/ag | Aditivo plastificante (%) |
|------------|--------------|------|---------------|------------------|---------|------|---------------------------|
| I (REF) | 1,00 | - | 2,90 | 4,03 | 1,23 | 0,31 | 0,3 |
| II | 0,95 | 0,05 | 2,90 | 4,03 | 1,23 | 0,31 | 0,3 |
| III | 0,85 | 0,15 | 2,90 | 4,03 | 1,23 | 0,31 | 0,3 |

Fonte: o autor.

Os agregados foram dosados e transformados em uma massa, a qual depois foi adicionada CCA e cimento conforme os traços apresentados na Tabela 01. Em relação à quantidade de água, a mesma foi assegurada para todos os traços. O traço I (REF) é a composição de referência, sem CCA. Os traços II e III remetem respectivamente às misturas com 5% e 15% de CCA, substituindo o cimento.

A massa obtida seguiu a seguinte ordem no misturador: areia natural, areia artificial, brita 0, cimento CP V, CCA, água e aditivo, onde o tempo de mistura foi de 3 minutos para todas as composições. Posteriormente as peças de concreto foram moldadas através de máquina modeladora com 8 cm de espessura e 34 cm de diâmetro, como demonstra a Figura 01.

Figura 01 – Peças de concreto após moldagem.



Fonte: o autor.

Assim, posterior à moldagem das peças, as mesmas foram paletizadas, os paletes foram cobertos com lona e dispostos em ambiente fechado.

2.2.3. Realização de ensaio

2.2.3.1. Difração de raios X

A mineralogia da CCA foi caracterizada através de análise de difração de raios X, para determinação da presença de fases cristalinas e amorfismo do material. Para a realização do ensaio foi utilizado o difratômetro Shimadzu (modelo LAB X XRD-6000), operando a 30kV e 30mA, com radiação de $\text{CuK}\alpha$, ângulo de varredura de 10° a $20^\circ 2\theta$, passo de 0,02 e tempo de contagem de 0,6s por passo, ou seja $2^\circ/\text{min}$.

2.2.3.2. Ensaio de granulometria

As cinzas utilizadas na composição dos traços e o cimento foram analisados granulometricamente através de equipamento modelo CILAS 1064 de tecnologia *multi-laser*, permitindo a comparação entre tamanho das partículas dos dois materiais. Esta análise permite avaliar se ocorreu influência física (efeito fíler), que acontece quando a CCA possui diâmetro inferior ao cimento, fazendo com que suas partículas atuem fisicamente, preenchendo vazios, melhorando a coesão e diminuindo a exsudação (TASHIMA *et. al*, 2012).

2.2.3.3. Índice de atividade pozolânica – IAP

A determinação do índice de atividade pozolânica – IAP da CCA com o cimento Portland foi de acordo com o método apresentado pela ABNT NBR 5752 (2014), que compõe a moldagem de duas misturas de argamassa, uma como referência (A) e outra com 35% de CCA substituindo o cimento (B).

2.2.3.4. Determinação da resistência característica à compressão

Após a produção das peças e as idades estipuladas, as peças de concreto para pavimentação intertravada foram submetidas ao ensaio de resistência à compressão de acordo com a ABNT NBR 9781 (2013), como demonstra a Figura 02.

Figura 02 – Ensaio de resistência à compressão.



Fonte: o autor.

Para a realização do procedimento de cura as peças foram submersas em solução saturada de hidróxido de cálcio a uma temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$. Antes do ensaio de compressão, as peças foram capeadas com pasta de cimento e submersas novamente por 24 horas antes da ruptura.

2.2.3.5. Determinação da absorção de água

Conforme estipulado na ABNT NBR 9781 (2013), as peças foram saturadas por 24h, pesadas na condição saturada com superfície seca, levadas à estufa por 24h e pesadas na condição seca como prescreve a norma, obtendo-se ao final a absorção de cada peça expressa em %. Foram utilizados cinco corpos de prova de cada traço.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. PRODUÇÃO DA CINZA

A queima produziu uma cinza de coloração variada, mais clara na parte superficial da pilha e mais escura na parte interior, como pode ser observado na Figura 03. Em relação à coloração, a cinza pode apresentar característica de cinza clara à escura, isso vai depender do teor de carbono não queimado presente na CCA (CARMO e PORTELLA, 2008).

Figura 03 – CCA obtida através da queima.

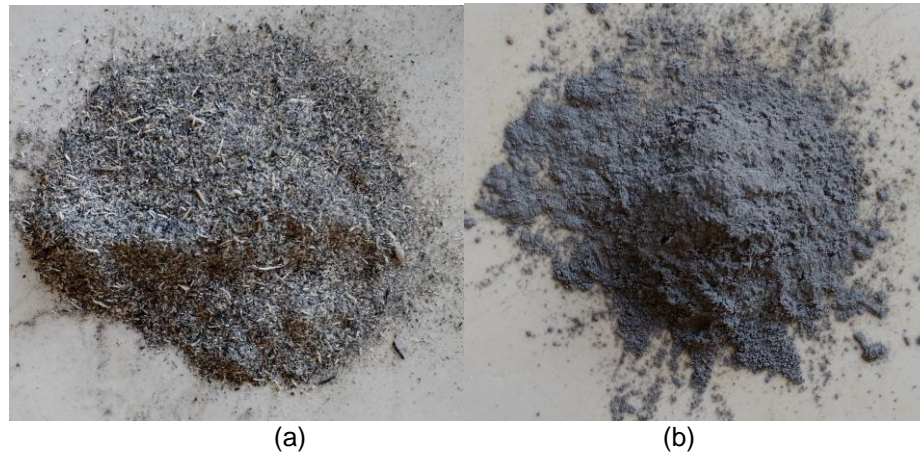


Fonte: o autor.

O carbono é removido por oxidação no processo de queima, assim quanto maior o volume de oxigênio presente no forno de combustão, mais clara deverá ser a coloração da cinza (POUEY, 2006).

O processo de moagem além da sua ativação trouxe a CCA a uniformização de sua cor, como demonstra a Figura 04.

Figura 04 – CCA – (a) Antes da moagem; (b) Após moagem.

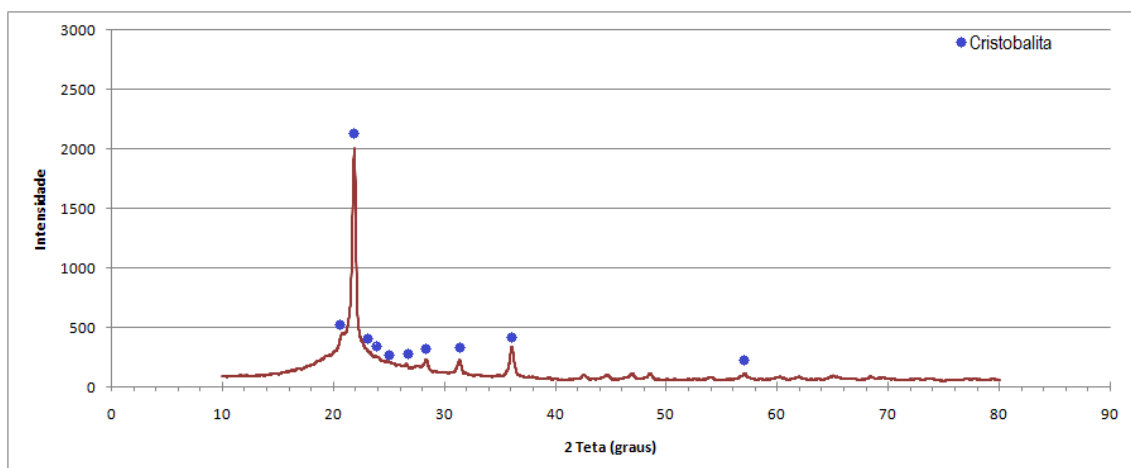


Fonte: o autor.

3.2. DIFRAÇÃO DE RAIOS X (DRX)

Através da Figura 05, é possível perceber através dos resultados obtidos pela difração de raios X, que a CCA apresentou picos indicando a presença de sílica cristalina na forma de cristais de cristobalita. Em relação aos compostos amorfos, o halo abaixo da curva indica a presença de amorfismo no material. Assim a CCA mesmo apresentando na sua maioria cristalinidade, apresenta potencial reativo através do amorfismo presente.

Figura 05 – Difração de raios X.



Fonte: o autor.

3.4. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

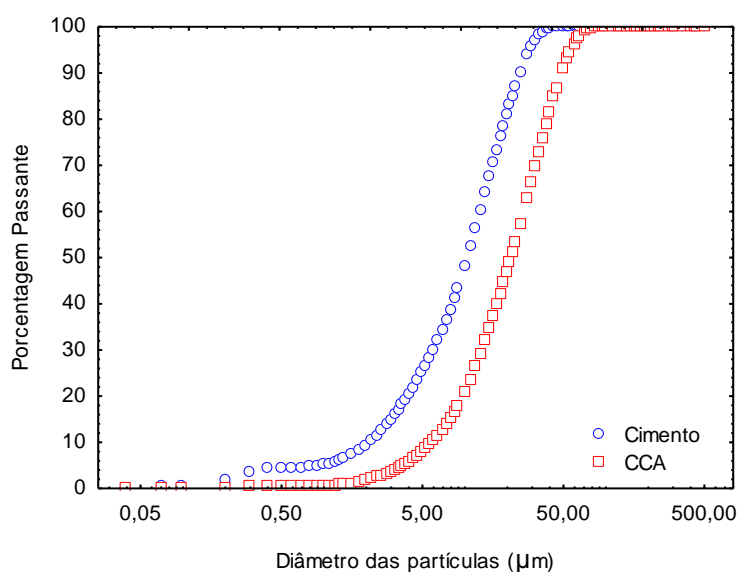
Ao analisar os resultados obtidos na Tabela 02 e Figura 06, nota-se que a granulometria da CCA foi superior à do cimento, o que indica que não haverá influência física. Assim nota-se que a pozolana agirá por efeito químico.

Tabela 02 – Diâmetro médio das partículas.

| Material | Diâmetro médio (μm) |
|---------------------|----------------------------------|
| Cimento CP V-ARI RS | 12,15 |
| CCA | 24,87 |

Fonte: o autor.

Figura 06 – Resultados da granulometria a laser do cimento e CCA.



Fonte: o autor.

3.5. ÍNDICE DE ATIVIDADE POZOLÂNICA

Como demonstrado na Tabela 03, o índice de atividade pozolânica encontrado pela CCA foi superior a 75%, percentual mínimo exigido pela ABNT NBR 5752 (2014). O resultado mostra que a cinza apresentou comportamento pozolânico, podendo assim ser identificada como pozolana. É importante ressaltar que a substituição na

argamassa B foi realizada em massa e não em volume, como prescreve a ABNT NBR 5752 (2014), fazendo com que a relação a/ag fosse alterada.

Tabela 03 – Índice de Atividade Pozolânica da CCA.

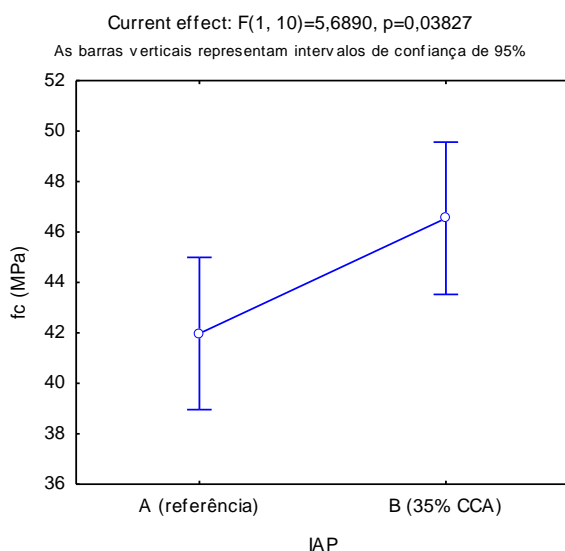
| Argamassa | Compressão (MPa) |
|-------------|-----------------------|
| A | 41,97 ($\pm 3,10$)* |
| B (35% CCA) | 46,55 ($\pm 3,52$)* |
| IAP | 110,91 % |

(*) – Desvio padrão das amostras.

Fonte: o autor.

Realizou-se uma análise estatística, através da metodologia de análise de variância (ANOVA) a fim de verificar a influência da adição de CCA na variável resposta resistência à compressão no ensaio de IAP (Figura 07). Nota-se que a amostra "B" com CCA obteve valores de resistência à compressão superiores estatisticamente a amostra de referência "A" sem CCA, com nível de confiança de 95%.

Figura 07 – Resultados de resistência à compressão do IAP - ANOVA.



Fonte: o autor.

3.6. RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO

A Tabela 04 demonstra os resultados obtidos de resistência à compressão das peças de concreto para pavimentação intertravada com diferentes teores de CCA adotados. Nota-se que a composição I (REF) foi a que obteve maiores valores de resistência sobre as demais composições, e estas possuíram resultados bem distintos conforme sua adição de CCA.

Além disso, a Tabela 04 apresenta o ganho de resistência das composições a partir dos resultados obtidos a 7, 28 e 56 dias. Nota-se que aos 28 dias, a composição II (5% CCA) demonstrou um ganho de resistência superior quando comparado à composição I (REF).

Tabela 04 – Ganho de resistência nas composições.

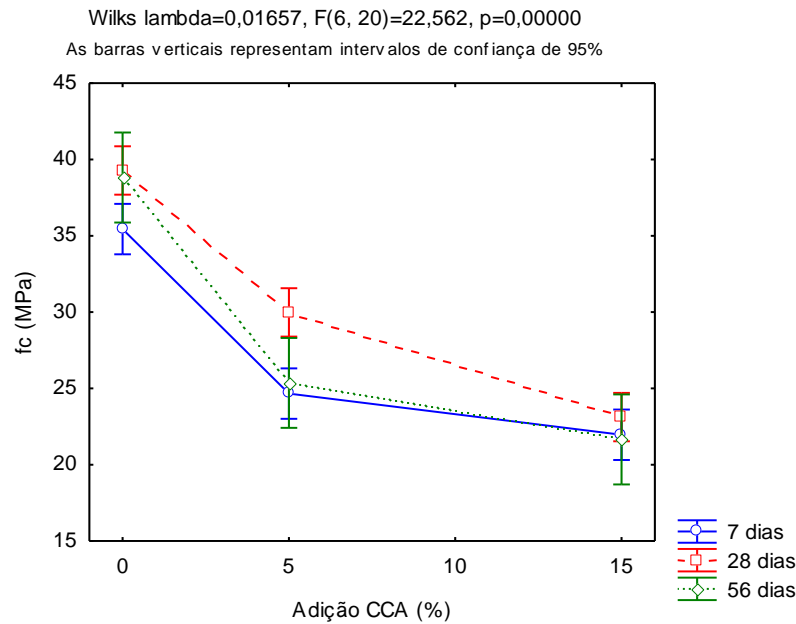
| Composição | Resistência à Compressão (MPa) | | | Ganho de resistência (%) | |
|---------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|
| | 7 dias | 28 dias | 56 dias | 7 à 28 dias | 7 à 56 dias |
| I (REF) | 35,42 ($\pm 1,26$)* | 39,26 ($\pm 1,15$)* | 38,83 ($\pm 3,42$)* | 11 | 10 |
| II (5% CCA) | 24,67 ($\pm 1,88$)* | 29,98 ($\pm 1,66$)* | 25,36 ($\pm 3,82$)* | 22 | 03 |
| III (15% CCA) | 21,97 ($\pm 1,89$)* | 23,12 ($\pm 1,95$)* | 21,65 ($\pm 1,17$)* | 05 | - 01 |

(*) – Desvio padrão das amostras.

Fonte: o autor.

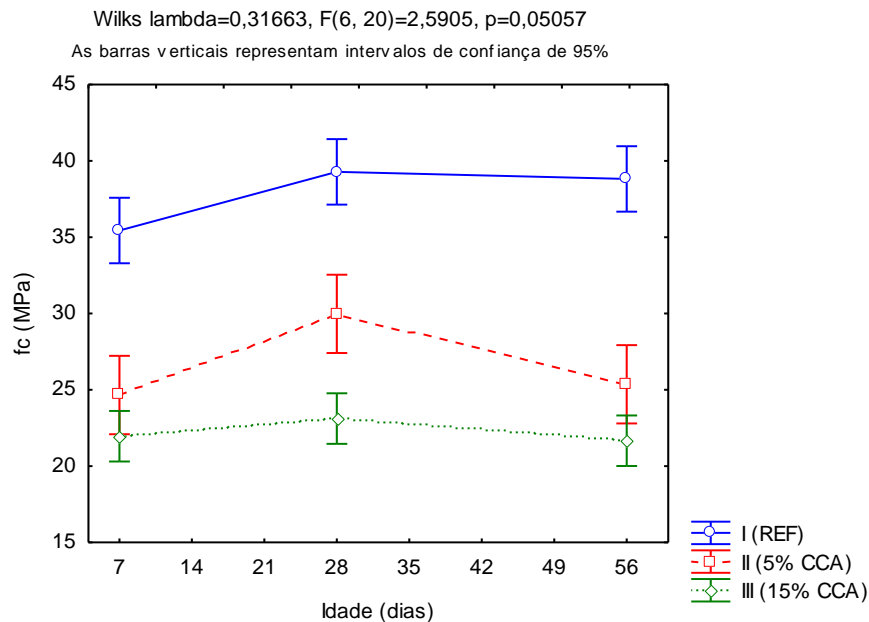
Realizou-se uma análise estatística, através da metodologia de análise de variância (ANOVA) a fim de verificar a influência da adição de CCA na variável resposta resistência à compressão (Figuras 08 e 09). Essa análise mostrou que a adição de 5% e 15% de CCA geraram valores de resistência à compressão estatisticamente diferentes em relação à referência, com um nível de confiança de 95%. Na adição de 15% não houve diferença significativa entre 7, 28 e 56 dias, conforme mostra a Figura 09, já para adição de 5% houve acréscimo da resistência dos 7 para os 28 dias e um decréscimo de resistência aos 56 dias, evidenciando uma queda que acabou igualando a resistência obtida aos 56 dias com a resistência obtida aos 7 dias, com um nível de confiança de 95%.

Figura 08 – Resultados de resistência à compressão pela adição de CCA.



Fonte: o autor.

Figura 09 – Resultados de resistência à compressão pela idade de ruptura.



Fonte: o autor.

Com base nos resultados obtidos percebe-se que aos 7, 28 e 56 dias as composições com CCA não atingiram valores de resistência superiores ou iguais quando comparados com a composição utilizada como referência e nem alcançaram

a resistência mínima exigida pela ABNT NBR 9781(2013) de 35 MPa para tráfego de veículos leves e veículos comerciais de linha.

3.7. ABSORÇÃO DE ÁGUA

Os resultados obtidos para absorção de água das peças de concreto estão apresentados na Tabela 05.

Tabela 05 – Resultado de absorção de água nas peças de concreto.

| Composição | Massa seca (g) | Massa saturada (g) | Absorção de água (%) |
|-------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| I (REF) | 15,27 ($\pm 0,61$)* | 15,89 ($\pm 0,55$)* | 4,06 |
| II (5% CCA) | 14,38 ($\pm 0,21$)* | 15,24 ($\pm 0,18$)* | 6,01 |
| III (15% CCA) | 13,78 ($\pm 0,43$)* | 14,72 ($\pm 0,40$)* | 6,85 |

(*) – Desvio padrão das amostras.
Fonte: o autor.

Conforme a ABNT NBR 9781 (2013), as peças devem apresentar valores médios menores ou iguais a 6% de absorção de água, não admitindo nenhum valor maior que 7%. Assim as peças de concreto apresentaram resultados dentro da norma, sendo que a composição I (REF) foi a única que apresentou resultado $\leq 6\%$ de absorção de água. Observa-se nas composições que quanto maior o valor de adição de CCA, maior sua absorção de água.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos aos 7, 28 e 56 dias, é possível concluir que a adição de cinza de casca de arroz (CCA) empregada neste estudo como substituta parcial do cimento Portland na produção de peças de concreto para pavimentação intertravada demonstra ser inviável devido aos concretos produzidos com CCA não apresentarem influência relevante no ganho de resistência sobre a composição de referência.

No entanto, os resultados obtidos através do índice de atividade pozolânica mostraram-se satisfatórios reconhecendo a CCA como pozolana e as peças de concreto apresentaram absorção de água condizente com a norma.

De uma maneira geral pode-se concluir que o emprego de CCA em peças de concreto para pavimentação intertravada, com as composições de concretos testadas neste trabalho, não apresentaram resultados satisfatórios dentro do âmbito de resistência mínima exigida pela ABNT NBR 9781 (2013) de 35 MPa para tráfego de veículos leves e veículos comerciais de linha. Sendo assim, as composições de concretos com a adição de CCA apresentadas neste trabalho precisam ser aprimoradas para poderem ser aplicadas em campo com desempenho satisfatório.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Areia normal para ensaio de cimento - Especificação**. NBR 7214. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados para concreto – Especificação**. NBR 7211. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**. NBR 7215. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Materiais pozolânicos determinação de atividade pozolânica com cimento Portland: índice de atividade pozolânica com cimento**. NBR 5752. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio**. NBR 9781. Rio de Janeiro, 2013.

CARMO, J. B. M. do e PORTELLA, K. F. **Estudo do desempenho mecânico da sílica ativa e do metacaulim como adições químicas minerais em estruturas de concreto**. Cerâmica. 2008, vol.54, n. 331, 309-318 p. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132008000300007> (Acesso em: 26/08/2014).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Levantamento de Safra.** Disponível em: < WWW.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2 > (Acesso em: 27/05/2015).

CORDEIRO, Luciana de Nazaré Pinheiro; MASUERO, Ângela Borges; DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho. **Análise do potencial pozolânico da cinza de casca de arroz (CCA) através de técnica de Refinamento de Rietveld.** Revista Matéria. 2014, vol. 9, 150 – 158p.

DELLA, Viviana Possamai; KUHN, Ingeborg; HOTZA, Dachamir. **Reciclagem de resíduos agro-industriais: cinza da casca de arroz como fonte alternativa de sílica.** Cerâmica Industrial, UFSC, 2005, 04p.

DELLA, Viviana. Possamai. **Processamento e caracterização de sílica ativa obtida a partir de cinza de casca de arroz.** Dissertação de mestrado. UFSC. Florianópolis, 2001, 69p.

PEREIRA, Adriana Maria et al. **Estudo das propriedades mecânicas do concreto com adição de cinza de casca de arroz.** Revista Matéria. 2015, vol. 20, 227 – 238p.

POUEY, Maria Tereza Fernandes. **Beneficiamento da cinza da casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico.** Tese (Doutorado em Engenharia) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2006, 320p.

SANTOS, Sílvia. **Produção e Avaliação do Uso de Pozolana com Baixo Teor de Carbono Obtida da Cinza de Casca de Arroz Residual para Concreto de Alto Desempenho.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2006, 267p.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (Org.). **Produção Mensal** Disponível em: <<http://www.snica.org.br/numeros/numeros.asp?path=ProducaoMensal2014.gif>> (Acesso em: 29/04/2015).

SILVA, Watuzi da Silva. **Estudo da cinza da casca de arroz como adição ativa no cimento.** Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil da UNESC, Criciúma, 2014, 19p.

SOUZA, Felipe Basquiroto et al. **Análise comparativa das propriedades de concretos convencionais com substituição parcial do cimento Portland por cinza de casca de arroz.** Revista *Iniciação Científica*, Criciúma, 2014, v.12, 14p.

TASHIMA, Mauro Mitsuchi et al. **Cinza de casca de arroz (CCA) altamente reativa: método de produção e atividade pozolânica.** Ambiente. Constr. 2012, vol. 12, n.2, 151 – 163 p. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S167886212012000200010&script=sci_arttext> (Acesso em: 22/09/2014).

TASHIMA, Mauro Mitsuchi et al. **Avaliação do Teor de Cinza de Casca de Arroz no Concreto.** IBRACON. 2004, vol. 02, 378 – 388p.