

DESEMPENHO DE CONCRETOS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR CINZA DE CASCA DE ARROZ

Félix Krolow Sell Junior (Universidade Federal do Rio Grande) E-mail: felixsell@gmail.com
Fernando Ritiéle Teixeira (Instituto Federal do Rio Grande do Sul) E-mail: fernandoteixeira5400@gmail.com
Gustavo Bosel Wally (Universidade Federal do Rio Grande) E-mail: Gustavo.wally@gmail.com
Camila Crauss (Universidade de Santa Cruz do Sul) E-mail: camila5@unisc.br
Fábio Costa Magalhães (Instituto Federal do Rio Grande do Sul) E-mail: fabiocmagalhaes@gmail.com

Resumo: O concreto é o material de construção mais utilizado na construção civil, e o cimento é o principal componente do concreto, sendo o mesmo, o material mais oneroso empregado na sua produção. Estudos demonstram que é possível realizar a substituição parcial do cimento por cinza de casca de arroz na produção de concreto. Sendo assim, este trabalho avaliou a influência da substituição parcial em massa do cimento pela cinza de casca de arroz nos teores de 5, 10, 15 e 20%. A avaliação foi feita a partir de testes de resistência à compressão no concreto, módulo de elasticidade, além do comportamento físico, a partir da absorção por sucção capilar. Através dos resultados obtidos nos ensaios é possível concluir que foram obtidas melhorias nas propriedades físicas e mecânicas no concreto. Na substituição de 5% de cimento por cinza de casca de arroz obteve-se um aumento da resistência à compressão, enquanto que nas outras substituições obteve-se uma redução na resistência à compressão, porém mantém valores de resistência que permitem o seu emprego como concreto estrutural. No ensaio de absorção de água por capilaridade a utilização da cinza de casca de arroz proporcionou uma menor absorção capilar em todos os teores de substituições, demonstrando que a substituição do cimento pela cinza de casca de arroz é viável quanto aos critérios de absorção de água.

Palavras-chave: Concreto, cinza de casca de arroz, resistência à compressão, absorção capilar.

PERFORMANCE OF CONCRETES WITH PARTIAL REPLACEMENT OF RICE HUSK ASH

Abstract: Concrete is the most widely used building material in civil construction, and cement is the main component of concrete, being the most costly material used in its production. Studies show that it is possible to partially replace cement with rice husk ash in concrete production. Therefore, this work evaluated the influence of partial replacement of cement by rice husk ash in the contents of 5, 10, 15 and 20%. The evaluation was made from tests of compressive strength in concrete, modulus of elasticity, besides physical behavior, from the absorption by capillary suction. From the results obtained in the tests it can be concluded that improvements were obtained in the physical and mechanical properties of concrete. Replacing 5% cement with rice husk ash resulted in an increase in compressive strength, while in other replacements a reduction in compressive strength was obtained, but maintaining strength values that allow its use as concrete. structural. In the capillary water absorption test the use of rice husk ash provided a lower capillary absorption in all substitution contents, demonstrating that the replacement of cement by rice husk ash is viable in terms of water absorption criteria.

Keywords: Concrete, rice husk ash, compressive strength, hair absorption.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é o material mais largamente utilizado na construção civil. Sendo produzido normalmente com a mistura de cimento Portland, areia, pedra britada e água (MEHTA, 2014). Apesar da grande utilização e consolidação do concreto na construção civil em todo o mundo, acreditasse que este material ainda não tenha atingido em grande maioria das construções, o desempenho que pode e deve apresentar (ADÃO e HERMELEY, 2001).

Com o desenvolvimento do concreto de alto desempenho, se passou a buscar por materiais que pudessem melhorar as características do concreto, principalmente no que diz respeito a resistência à compressão e a durabilidade, aliada a preocupação com a poluição ambiental. Foram fatores importantes como estes que auxiliaram para o desenvolvimento de pesquisas com materiais residuais como a cinza de casca de arroz que muitas vezes não tem uma

utilização adequada, sendo simplesmente dispensados no ambiente causando poluição no solo e água (DUART, 2008).

A casca do arroz, removida durante o refinamento do grão é um resíduo derivado do rejeito agrícola de atividades industriais dos produtores de arroz espalhados pelo mundo. Seu baixo valor ou interesse para uso na agricultura tem causado grandes problemas aos produtores, devido a necessidade de armazenamento desse resíduo (GOLÇALVES, 2009). Desta forma a produção de cinza com a casca de arroz acaba por proporcionar um destino adequado à este resíduo, que quando adicionado ao concreto pode proporcionar melhorias em suas propriedades (MILANI, 2008).

A cinza de casca de arroz pode ser utilizada em concreto porque é rica em sílica amorfa de alta pozolanicidade, na forma não cristalina, esta cinza possui diâmetro médio das partículas inferior a 0,1mm. Sua utilização para produção de concretos provoca alterações positivas na microestrutura do concreto, influenciando benéficamente tanto os aspectos relacionados à resistência mecânica, como relacionados a durabilidade, proporcionando diminuição da porosidade e refinamento dos poros. (DUART, 2008; MEHTA, 2014).

Nenhum outro tipo de material pozolânico, incluindo a sílica ativa, tem potencial para contribuir no ganho de resistência com baixas idade como a cinza de casca de arroz. Além de acelerar o ganho da resistência, a mesma contribui para reduzir a segregação e exsudação, tornando o concreto com melhor trabalhabilidade (MEHTA, 2014).

A partir de todas estas justificativas, o presente estudo teve como objetivo avaliar o comportamento físico-mecânico de concretos estruturais produzidos com cinza de casca de arroz, em substituição parcial ao cimento Portland.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para o estudo proposto, foram confeccionados cinco traços de concreto, foi definido um traço de referência dosado pela metodologia do IPT/EPUSP (HELENE e TERZIAN, 1992), e a partir desse traço foi realizada a substituição parcial em massa do cimento pela cinza de casca de arroz nos teores de 5, 10, 15 e 20%. Os concretos foram avaliados quanto à resistência à compressão, absorção de água por capilaridade e módulo de elasticidade.

2.1 Materiais

Os materiais utilizados para preparação dos diferentes traços de concreto foram areia natural quartzosa média e brita nº 1 provenientes do município de Rio Pardo/RS. Cimento Portland composto CP II F 40 obtido a granel, cinza de casca de arroz obtida em sacos de 20 Kg, aditivo superplastificante e água potável. A areia peneirada e seca em estufa até constância de massa. A brita foi lavada e seca em estufa até a constância de massa. A escolha do cimento se deu pelo fato deste ser o tipo de cimento mais difundido na região sul do Brasil. A cinza de casca de arroz utilizada nessa pesquisa é produzida em combustão controlada, as informações químicas deste material são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química da cinza de casca de arroz.

Composição Química	Teor em massa (%)
Perda ao fogo	3,00
Dióxido de silício	93,77
Óxido de alumínio	0,19
Óxido de ferro	0,20
Óxido de cálcio	0,78
Óxido de magnésio	0,25
Óxido de sódio	0,08
Óxido de potássio	1,35
Trióxido de enxofre	0,03
Pentóxido de fósforo	0,36
Óxido de manganês	0,25
Dióxido de titânio	Nd

Fonte: Dados fornecidos pelo fabricante.

2.2 Dosagem

Para a dosagem dos concretos utilizou-se a metodologia de dosagem do IPT/EPUSP (HELENE e TERZIAN, 1992). Através de procedimento experimental definiu-se o teor de argamassa seca ideal em 53% ($\alpha = 0,53$). Foi definido um traço unitário de 1:2:2,66 (cimento, areia, brita), relação água/cimento de 0,45, consumo de cimento de 373 kg/m³. A composição dos traços utilizados é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Traços unitários utilizados na moldagem dos corpos de prova.

Traço	Cimento (Kg)	Cinza de casca de arroz (Kg)	Areia média (Kg)	Brita 1 (kg)	Fator água/cimento	Aditivo (Kg)
REF.	1,00	0,00	2,00	2,66	0,45	0,00
CCA 5	0,95	0,05	2,00	2,66	0,45	0,00
CCA 10	0,90	0,10	2,00	2,66	0,45	0,00
CCA 15	0,85	0,15	2,00	2,66	0,45	0,00
CCA 20	0,80	0,20	2,00	2,66	0,45	0,07

Fonte: Autor.

2.3 Produção dos concretos

A mistura dos concretos foi realizada em betoneira intermitente de eixo inclinado de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2008). Foram moldados corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm e 15x30 cm.

Após a moldagem, os corpos-de-prova foram curados submersos em tanque de água saturado com cal, de acordo com as especificações da NBR 5738 (ABNT, 2008).

2.4 Ensaios

2.4.1 Resistência à compressão

Os corpos-de-prova cilíndricos de 10x20 cm foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão axial aos 7, 28 e 56 dias de idade, sendo utilizados quatro corpos de prova na idade de 7 e 56 dias e seis corpos de prova na idade de 28 dias, sendo que estes foram retirados do processo de cura uma hora antes da realização do ensaio para retificação do topo. O ensaio de resistência à compressão foi realizado conforme especificações da NBR 5739 (ABNT, 2007), conforme ilustra a Figura 1.



Figura 1 – Ensaio de resistência a compressão em corpos de prova cilíndricos. Fonte: Autor.

2.4.2 Absorção de água por capilaridade

A determinação da absorção de água por capilaridade em concretos foi realizada de acordo com a NBR 9779 (ABNT, 2012), conforme ilustra a Figura 2, aos 56 dias de idade, onde foram utilizados quatro corpos de prova cilíndricos de 15x15 cm, estas dimensões de corpos de prova foram obtidas através do corte ao meio de corpos de prova de 15x30 cm.

Os corpos de prova permaneceram em processo de cura pelo período de 54 dias, sendo nesta idade colocados ao ar para secagem, na idade de 55 dias foram colocados em estufa com temperatura de 100° C pelo período de 24 horas até a constância de massa, após a secagem na estufa os corpos de prova foram mantidos em temperatura ambientes por 2 horas antes do início do ensaio.

O ensaio foi realizado com temperatura controlada em 23° C. Sendo determinadas as massas dos corpos de prova antes do início do ensaio e nos períodos de 3,6, 24, 48 e 72 horas.



Figura 2 – Ensaio de absorção de água por capilaridade. Fonte: Autor.

2.4.3 Módulo estático de elasticidade à compressão

A determinação do módulo de elasticidade a compressão do concreto foi realizada de acordo com a NBR 8522 (ABNT, 2008), de acordo com a Figura 3, na realização do ensaio foram utilizados quatro corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm, na idade de 28 dias.



Figura 3 – Ensaio módulo estático de elasticidade à compressão. Fonte: Autor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resistências à compressão

A Tabela 3 e Figura 4 apresentam os valores médios de resistência à compressão obtidos no ensaio aos 7, 28 e 56 dias de idade. Para o concreto com ensaiado aos 28 dias de idade é apresentado os resultados de desvio padrão e coeficiente de variação.

A partir dos resultados obtidos é possível constatar que o concreto CCA 5, com 5% de substituição do cimento por cinza de casca de arroz foi o único teor de substituição que apresentou maior valor de resistência à compressão em todas as idades em relação ao concreto de referência. Os concretos com substituição do cimento por cinza de casca de arroz apresentaram uma ligeira queda na resistência à compressão em relação ao concreto de referência nos teores de substituições de 10, 15 e 20%.

Tabela 3 – Ensaio de resistência à compressão aos 7, 28 e 56 dias.

Tipo de concreto	Resistência à compressão (MPa)				
	7 dias	28 dias	SE 28 dias	Cve 28 dias	56 dias
REF.	34,30	43,41	0,220	0,005	46,53
CCA 5	35,71	45,51	0,252	0,006	48,29
CCA 10	32,69	41,62	0,280	0,007	45,79
CCA 15	28,93	40,50	0,109	0,003	44,78
CCA 20	29,16	42,84	0,270	0,006	46,60

SE= desvio padrão do ensaio, Cve= coeficiente de variação do ensaio. Fonte: Autor.

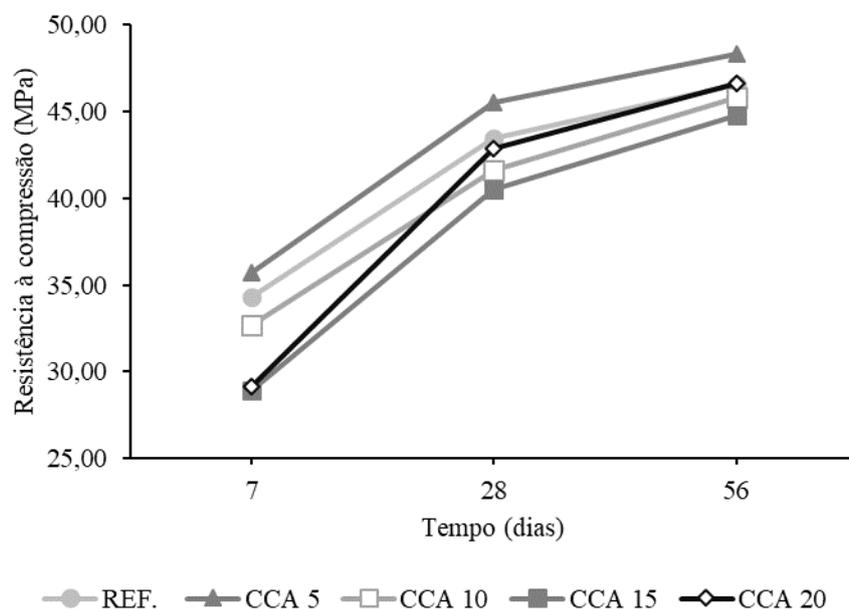


Figura 4 – Ensaio de resistência à compressão. Fonte: Autor.

3.2 Absorção capilar

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos no ensaio de absorção de água por capilaridade, onde foi possível constatar que o concreto com 20% de substituição de cinza de casca de arroz apresentou menor valor de absorção de água por capilaridade. O concreto que apresenta maior

valor de absorção é o concreto de referência que não possui substituição de cimento por cinza de casca de arroz em sua composição.

Tabela 4 – Ensaio absorção de água por capilaridade.

Absorção de água por capilaridade (g/cm ²)					
Tipo de concreto	3h	6h	24h	48h	72h
REF.	0,22	0,31	0,55	0,71	0,79
CCA 5	0,20	0,29	0,52	0,64	0,71
CCA 10	0,23	0,31	0,53	0,66	0,74
CCA 15	0,23	0,29	0,46	0,56	0,63
CCA 20	0,23	0,29	0,44	0,53	0,60

Fonte: Autor.

Através dos resultados é possível constatar que os concretos com substituição de cinza de casca de arroz possuem capacidade de absorver menor quantidade de água. Quanto maior a quantidade de cinza de casca de arroz adicionada ao concreto menor é a absorção capilar. Este fato tem relação com a porosidade do concreto, a cinza de casca de arroz por ser um material muito fino colabora com o refinamento dos poros do concreto, este refinamento dos poros do concreto com a cinza acaba por dificultar a absorção de água por capilaridade no concreto.

Os tipos de concretos apresentam valores de absorção capilar inicial no período de 3 horas bastante semelhante sem muita discrepância, porém no final do ensaio no período de 72 horas é possível verificar uma diferença considerável em relação aos resultados obtidos; esta análise pode ser feita de acordo com a Figura 5. Na Figura 5 foi expresso primeiramente os valores de absorção capilar inicial no período de 3 horas e depois os resultados para o final do ensaio no período de 72 horas.

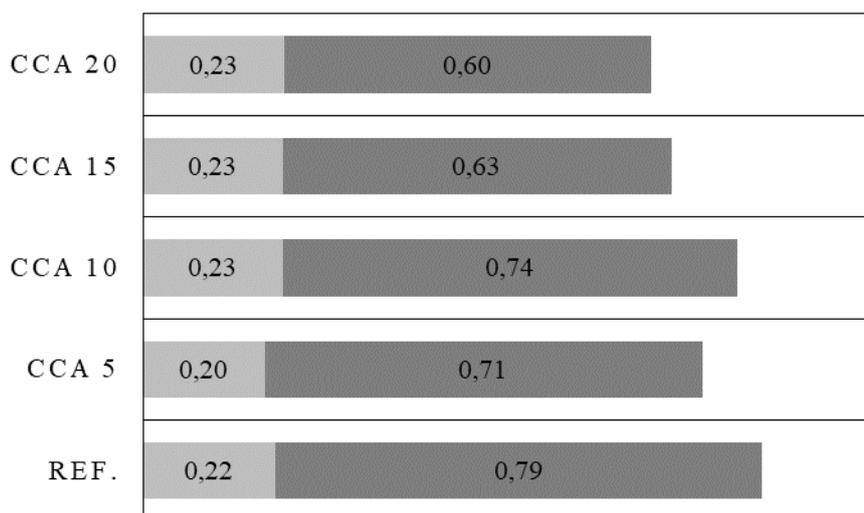


Figura 5 – Diferença absorção capilar nos períodos de 3 e 72 horas. Fonte: Autor.

3.3 Módulo de elasticidade

O resultado referente a este ensaio pode ser observado de acordo com a Tabela 5 e Figura 6. O concreto com maior módulo de elasticidade é o concreto CCA 5. Os valores de módulo de elasticidade para os outros tipos de concreto se encontram próximos; somente o concreto com 15% de substituição apresentou resultado inferior aos demais.

Tabela 5 – Ensaio de módulo de elasticidade aos 28 dias.

Tipo de concreto	Módulo de elasticidade (GPa)
REF.	40,66
CCA 5	43,47
CCA 10	40,75
CCA 15	38,79
CCA 20	40,80

Fonte: Autor.

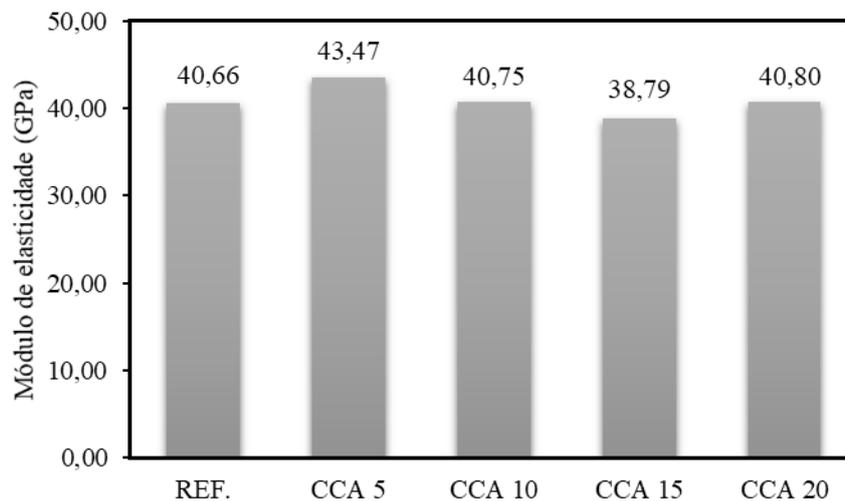


Figura 6 – Ensaio de módulo de elasticidade. Fonte: Autor.

O módulo de elasticidade em concretos está diretamente relacionado com a resistência à compressão do concreto. Os valores obtidos no ensaio de módulo de elasticidade comprovam este fato, o concreto que apresentou maior resistência à compressão possui também o maior valor de módulo de elasticidade.

Através dos resultados obtidos no ensaio é possível verificar que a cinza de casca de arroz não apresenta grande interferência no módulo de elasticidade do concreto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho procurou-se verificar a influência exercida na substituição parcial do cimento pela cinza de casca de arroz nas propriedades físicas e mecânicas destes concretos. Tendo em vista os resultados obtidos, foi possível concluir que:

- A utilização de 5% de cinza de casca de arroz, em substituição ao aglomerante na confecção de concretos, apresentou melhorias tanto nas propriedades mecânicas como nas propriedades físicas;
- O teor de substituição de 5% de cimento pela cinza de casca de arroz promoveu ganhos na resistência à compressão de 4,84% em relação ao traço de concreto referência;
- No ensaio de absorção de água por capilaridade, todos os teores de substituição do cimento pela cinza da casca de arroz, promoveram uma redução na taxa de absorção de água;
- No ensaio de absorção de água por capilaridade, todos os teores de substituição do cimento pela cinza da casca de arroz, promoveram uma redução na taxa de absorção de água. O concreto que apresentou menor redução de absorção em relação ao concreto de referência foi o concreto com 10% de substituição, este reduziu em 6,85% a absorção de água por capilaridade, já o concreto que apresentou maior redução da absorção de água por capilaridade em relação ao concreto de referência foi o concreto com 20% de substituição do cimento por cinza de casca de arroz, este concreto apresentou uma redução de absorção de 32,73%;
- Em relação ao módulo estático de elasticidade constatou-se que a cinza de casca de arroz não apresentou grande interferência nesta propriedade;
- Os resultados do estudo demonstram que a substituição parcial do aglomerante pela cinza de casca de arroz é satisfatoriamente viável.

REFERÊNCIAS

ADÃO, F.X.; HERMELEY, A. Concreto armado – Novo Milenio – Cálculo prático e econômico. Editora Interciencia. Rio de Janeiro, 2002.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5738, concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____**NBR 5739**, concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

_____**NBR 8522**, concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____**NBR 9779**, argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

DUART, M.A. Estudo da microestrutura do concreto com adição de cinza de casca de arroz residual sem beneficiamento. Tese de mestrado. Universidade federal de Santa Maria. Santa Maria, 2008.

GONÇALVES, G.E; SABIONI, A.C.S.; FERRAZ, W.B.; COSTA, G.M.; BRITO, W.; DIAS, J.A.; GARCIA, F.A.C. Síntese e caracterização de mulita utilizando sílica obtida da casca de arroz. Rem: Revista Escola de Minas, v. 62, n. 3, p. 367-372, jul./set. 2009.

Helene, P. R., e Terzian, P. Manual de dosagem e controle do concreto. Pini. 1992.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto. Microestrutura, propriedades e materiais. 2ª ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MILANI, A.P.S. Avaliação física, mecânica e térmica do material solo-cimento-cinza de casca de arroz e seu desempenho como parede monolítica. Tese de doutorado. Universidade estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, 2008.