

INCORPORAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ PARA PREPARAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO¹

CASTRO, Mateus Ferreira de (1); PERINI, Paula Campos (2); MÁXIMO, Kamilla Carneiro (3); DE PAULA, Heber Martins (4)

(1) UFCAT, mateusferreirac98@gmail.com

(2) UFCAT, pcamposperini@gmail.com

(3) UFCAR, kamilla_carneiro_2010@hotmail.com

(4) UFCAT, heberdepaula@ufg.br

RESUMO

A cinza de casca de arroz (CCA) tem grande potencial para reutilização como material pozolânico. Este trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade da substituição parcial do cimento Portland por CCA na produção de argamassa. Inicialmente, a CCA foi triturada em um moinho de bolas, depois caracterização química por fluorescência de raios-X; bem como análise física do índice de finura, teor de umidade e densidade de partículas. Os traços da pesquisa foram: referência (TR) 1: 1: 6 (em massa), sem o uso de CCA; com 10% (T10); 20% (T20) e 30% (T30) de CCA em substituição do cimento. As amostras foram testadas aos 3, 7 e 28 dias para obter resistência à tração em flexão e compressão simples. Nas primeiras idades, a resistência dos corpos de prova com a adição de cinzas não excedeu a resistência do TR. Os corpos de prova com incorporação de cinzas apresentaram resistência superior ao TR aos 28 dias, devido à atividade pozolânica do RHA ser mais lenta que a do cimento, valor até 37% maior. Pode-se afirmar que a CCA é um material viável e eficaz para a produção de argamassas.

Palavras-chave: Cinza de casca de arroz, argamassas, construção civil, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Rice husk ash (RHA) has great potential for reuse as a pozzolanic material. This work aimed to verify the feasibility of partial replacement of Portland cement by RHA in the production of mortar. Initially, the RHA was ground in a ball mill, then chemical characterization by X-ray fluorescence; as well as physical analyzes from the fineness index, moisture content and particle density. The research resources were: reference (TR) 1: 1: 6 (in mass), without the use of RHA; with 10% (T10); 20% (T20) and 30% (T30) of RHA to replace the cement. The specimens were tested at 3, 7 and 28 days to obtain tensile strength in flexion and simple compression. In the early ages, the resistance of strokes with the addition of ash did not exceed the resistance of the TR. The specimens with ash

¹ CASTRO, Mateus Ferreira de; PERINI, Paula Campos; MÁXIMO; Kamilla Carneiro; DE PAULA, Heber Martins. Incorporação de cinza de casca de arroz para preparação de argamassas de assentamento e revestimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

incorporation showed superior resistance to TR at 28 days, due to the pozzolanic activity of the RHA being slower than that of cement, a value up to 37% higher. It can be said that RHA is a viable and effective material for the production of mortars.

Keywords: Rice Husk Ash. Mortars. Civil Construction, Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Gradativamente, a sociedade atual vem necessitando de mudanças no que se refere a sustentabilidade. Dessa forma, sob o ponto de vista da construção civil, uma das atividades que gera maior degradação ambiental, essas alterações se dão por meio da redução de consumo de energia e da diminuição dos impactos ambientais, relativos à emissão de gás carbônico e geração de resíduos sólidos (SILVA, 2016).

Um dos resíduos sólidos mais encontrados no Brasil são as cinzas de casca de arroz, uma vez que o país é o 5º maior produtor mundial de arroz, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Portanto, faz-se necessário encontrar um destino final ideal para estas cinzas, uma vez que seu descarte ocorre de maneira indevida na natureza, além de ser nociva à saúde humana (BEZERRA, 2010).

À vista disso, uma das alternativas para uma construção mais sustentável, dá-se por meio da redução da utilização de cimento, uma vez que é um produto altamente poluente (BENHELAL et al., 2013) e de uma destinação ideal às cinzas de biomassa, no caso as cinzas de casca de arroz (CCA).

A CCA possui entre 74 a 97% de sílica (SiO_2) em sua composição (TASHIMA et al., 2004), fazendo com que seja um material com perfil pozolânico (JAMIL et al., 2013). Diante disso, estas características são semelhantes às do cimento Portland, o que permite a substituição dos materiais sem que haja perda de qualidade.

Portanto, este artigo teve por objetivo a produção de argamassas, com a substituição parcial do cimento Portland CP V ARIS RS por cinzas de casca de arroz (CCA), com taxas de substituição em 10, 20 e 30% a fim de analisar sua viabilidade relativo à resistência, quando submetidos aos ensaios de tração na flexão e compressão simples.

2 Materiais e Métodos

2.1 Materiais

A argamassa utilizada foi do tipo mista: cimento Portland, cal hidratada, areia natural e água tratada. Utilizou-se o cimento de alta resistência inicial (CP – V ARI RS), classificado conforme a NBR 16697 (ABNT, 2018), o qual possui, em sua composição, pouca ou nenhuma adição, possibilitando uma melhor análise do comportamento da argamassa em função da incorporação da CCA.

A cal usada é do tipo cal hidratada com carbonatos, denominada CH – III, de acordo com NBR 7175 (ABNT, 2003). Quanto à areia, utilizou-se areia natural, nominada comercialmente como "média", já seca e peneirada para separar o material de galhos e outros objetos de dimensões maiores.

A cinza de casca de arroz foi coletada no pátio industrial da empresa que se dedica, principalmente, a comercialização de café, feijão e arroz. Após o

beneficiamento deste, sua casca é aproveitada na geração de calor ao processo de queima do café.

Foram realizados pré-tratamentos na cinza de casca arroz, levando-se as considerações feitas por Salvo *et. al.* (2015), Cordeiro (2019) e Modolo (2015), foi realizado o peneiramento, a fim de descartar as partículas grossas (solo, fragmentos de rocha etc.) misturadas as cinzas, e a moagem, para garantir a finura semelhante ao do cimento e desenvolver a atividade pozolânica.

2.2 Métodos

Realizou-se a moagem da cinza em um moinho de bolas com mesa de rolos, da marca Quimis adaptado (Figura 1 – a,b), por cerca de 40 minutos, obtendo um material com finura bem semelhante ao cimento (Figura 1- c).

Figura 1 - Moinho de bolas (a,b) e cinza após a moagem (c)



Fonte: Os autores

A caracterização física dos materiais foi feita a partir da densidade partícula, índice de finura e teor de umidade da cinza. Já a caracterização química da cinza se deu através do ensaio de fluorescência de raio – X.

O ensaio de densidade de partícula foi realizado em conformidade com a Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA, 1979) pelo método do balão volumétrico. Inicialmente, colocou-se uma amostra dos materiais (areia, cimento e CCA) para secar por 24 horas a 105°C. Após a secagem, pesou-se 20 g de cada amostra, transferiu-se a amostra de areia a um balão volumétrico de 50 ml e a de cinza e cimento a um balão volumétrico de 100 ml. Foi adicionado álcool etílico até cobrir a amostra. Para retirar as bolhas presentes, cada balão foi agitado e deixado em repouso por 30 minutos. Por fim, acrescentou o restante do volume do balão.

O índice de finura da cinza, foi realizado conforme estabelecido pela NBR 15894-3 (ABNT, 2010). Inicialmente, pesou-se 20 g do material e dispersou-o em uma solução preparada anteriormente, sendo 400 ml de água destilada misturada com 5 g de hexametáfosfato de sódio, isto é, à uma concentração de 12,5 g/L, conforme rege a norma.

Em seguida, peneirou-se a mistura em peneira de malha 45 μm e um diâmetro nominal de 200 mm a um fluxo constante de água da torneira de 5 L/min por um intervalo de 10 minutos, para que a água da torneira incida sobre toda a extensão da peneira, fez-se um movimento circular conforme recomendado na norma. O material retido foi transferido para um vidro de relógio com auxílio de

álcool etílico e colocado para secar em estufa a 105°C por 24 horas. Determinou-se a massa seca.

Quanto ao teor de umidade da cinza, foi determinado através das orientações da NBR NM 24 (ABNT, 2003). Pesou-se 1 g da amostra, e posteriormente colocou-a em estufa a 105°C por 30 minutos, retirando-a em períodos de 10 minutos até que não houvesse variação do peso.

Após a caracterização química e física da CCA, foi verificado se os resultados obtidos estão em conformidade com a NBR 12653 (ABNT, 2014), atendendo as exigências químicas (Quadro 1) e físicas (Quadro 2), verificando se o material em estudo pode ser considerado como pozalana.

Quadro 1 – Exigências Químicas para materiais pozolânicos de classe E

Propriedades Químicas	Classe E
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	≥ 50%
SO ₃	≤ 5%
Teor de Umidade	≤ 3%
Perda ao fogo	≤ 6%
Álcalis disponíveis em Na ₂ O	≤ 1,5%

Fonte: NBR 12653 (ABNT 2014) (adaptado)

Quadro 2 – Exigências Físicas para materiais pozolânicos de classe E

Propriedades Físicas	Classe E
Finura (Material passante na peneira de 45µm)	≥ 80%
Índice de atividade pozolânica com cimento aos 28 dias, em relação ao controle	≥ 90%
Índice de atividade pozolânica com a cal aos 7 dias	≥ 6 MPa

Fonte: NBR 12653 (ABNT 2014) (adaptado)

Determinado as características dos materiais, foi avaliado a influência da adição de CCA, através da comparação entre o comportamento de um traço referência (TR), sem utilização de resíduo, e de traços com taxas de substituição de 10 (T10), 20 (T20) e 30% (T30) de cimento Portland por cinza de casca de arroz. A argamassa de referência será do tipo mista com traço 1:1:6 (em massa).

O preparo da argamassa foi realizado conforme a NBR 16541 (ABNT, 2016), utilizando-se uma argamassadeira de bancada. A quantidade de água foi determinada através do ensaio de consistência (Figura 2), pelo espalhamento na mesa (*flow table*) de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2016), fixando uma consistência de 260 mm ± 5 mm.

Figura 2 - Ensaio de índice de consistência (flow table)



Fonte: Os autores

Após a realização do *flow table*, foi moldado os corpos de prova (CPs), conforme especificado pela NBR 13279 (ABNT, 2005), em formato prismático e com dimensões 4x4x16 cm, para as idades de 3, 7 e 28 dias. No estado endurecido, os CPs foram submetidos aos ensaios de tração na flexão (Figura 3) e compressão simples.

Figura 3 - Ensaio de tração na flexão



Fonte: Os autores

3 Resultados e Discussões

A partir da densidade de partículas dos materiais (Tabela 1), percebe-se que a cinza é mais leve que o cimento, o que já era esperado em virtude do processo de queima que reduz a quantidade de substâncias voláteis, elevando a porosidade interna do resíduo (DELLA, KUHN e HOTZA, 2001).

Tabela 1 - Resultado do ensaio de densidade de partículas

Amostra / Dp (g/cm ³)	Areia	Cimento	CH - III	CCA
	2,53	2,94	2,41	2,02

Fonte: Os autores

Da caracterização física da cinza, também foi realizado o índice de finura, a caracterização química, feita através do ensaio de fluorescência de raio - X e o teor de umidade (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultados para caracterização física e química (principais elementos químicos) da CCA

Caracterização	Parâmetro	Resultado
Física	Índice de Finura (passante em peneira de 45 µm) (%)	81,41
	K ₂ O (%)	1,37
Química	SiO ₂ (%)	80,66
	Al ₂ O ₃ (%)	0,84
	FeO ₃ (%)	0,36
	SO ₃ (%)	-
	Teor de Umidade (%)	1,43

Fonte: Os autores

O índice de finura, isto é, a quantidade de material passante na peneira de 45 µm, foi de 81,41%, atendendo ao requisito da NBR 12653 (ABNT, 2014), que exige o mínimo de 80%.

Segundo a NBR 12653 (ABNT, 2014), a cinza de casca de arroz pode ser considerada um material pozolânico, haja vista que atende a quantidade total de SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃ que deve ser superior a 50% e SO₃ inferior a 1,5%, que são os requisitos necessários para cinza de classe E.

O teor de umidade verificado foi de 1,43%, que também atende aos requisitos da NBR 12653 (ABNT, 2014), em que esse valor precisa estar abaixo de 3%.

Quanto às argamassas, em seu estado fresco, foi realizado a relação água/cimento (a/c) e pela consistência (*flow table*) (Tabela 3), em que todos os traços atende o intervalo de consistência pré-estabelecido de 260 ± 5 mm.

Tabela 3 - Caracterização das argamassas - estado fresco

Traço	Massa de água (g)	a/c*	Consistência (mm)
TR	608	1,69	261,32
T10	608	1,69	261,11
T20	608	1,69	260,55
T30	608	1,69	261,34

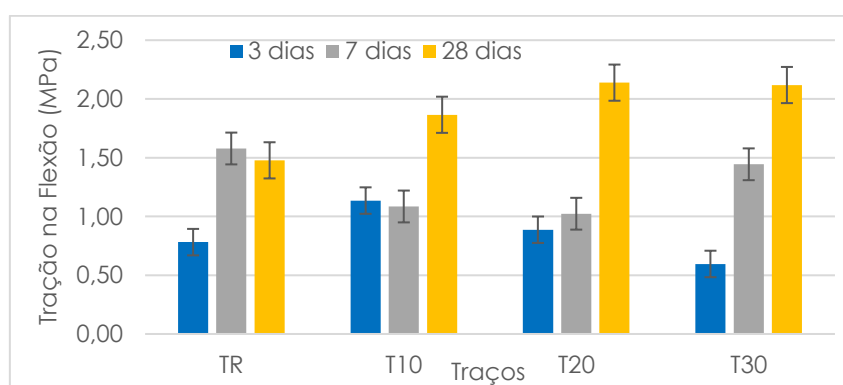
Fonte: Os autores

Pode-se observar que a consistência do T30 não ocorreu como esperado, que seria um resultado inferior aos demais, uma vez que houve uma maior incorporação de material fino, que absorveria mais água.

Embora o ensaio de consistência ter sido realizado seguindo todas as especificações da NBR 13276 (ABNT, 2016), questões como a maneira de umedecer os equipamentos de ensaio (bastão, mesa e o cone), a umidade presente no ambiente etc., pode ter influenciado no resultado.

No estado endurecido, as argamassas foram ensaiadas aos 3, 7 e 28 dias referente à resistência mecânica por tração na flexão (Figura 4) e compressão simples (Figura 5).

Figura 4 - Resultados médios determinados pelo ensaio de tração na flexão



Fonte: Os autores

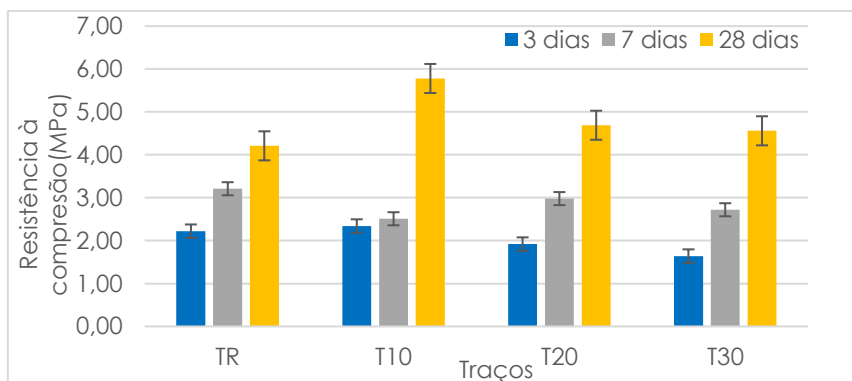
Através da análise de variância (Anova) para os traços em cada uma das idades por meio da técnica de Scott Knott com nível de significância de 0,05, pode-se afirmar que aos 28 dias, os resultados foram estatisticamente semelhantes à resistência à tração na flexão entre os traços confeccionados.

Já nas idades iniciais, aos 3 e 7 dias, respectivamente, houve semelhança entre os resultados encontrados para TR e T20; e TR e T30.

Além disso, embora estatisticamente os resultados aos 28 dias sejam

considerados semelhantes, é possível verificar que todos os traços com incorporação de cinza de casca de arroz superaram a resistência do traço de referência (TR), em que T20 e T30 apresentam resultado superior até 47% de TR. O que não ocorreu nas idades iniciais, devido as cinzas terem um tempo de reatividade que demanda mais tempo que o cimento Portland.

Figura 5 - Resultados médios determinados pelo ensaio de compressão simples



Fonte: Os autores

Os resultados obtidos à resistência à compressão simples, utilizando o mesmo método de análise de variância (Anova) já citado, verifica-se que aos 7 dias, os resultados encontrados são estatisticamente semelhantes. Aos 3 dias, o resultado para TR, assemelha-se a T10 e T20. Aos 28 dias, TR, T20 e T30 são semelhantes, enquanto T10 é estatisticamente diferente, neste caso, apresentando um melhor resultado.

Assim como à tração, aos 28 dias, todos os resultados obtidos no ensaio de compressão simples, aos traços com adição de CCA foram superiores, até 37%, ao TR.

4 Conclusões

A partir da análise química, notou-se grande quantidade de sílica na cinza de casca de arroz, o que torna possível o uso dessas cinzas de biomassa como material com perfil pozolânico, podendo ser utilizadas como aglomerante na produção de argamassa.

Com a realização dos ensaios, verificou-se que nas idades iniciais (3 e 7 dias), as resistências dos corpos de prova com a adição das cinzas não superaram às resistências do corpo de prova referência (sem adição de cinza). Contudo, a partir dos 28 dias os corpos de prova dos três diferentes traços, que possuem as cinzas, superaram à resistência do traço referência, isso ocorre em razão das atividades pozolânicas das cinzas serem mais lentas em relação ao cimento Portland.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 24**: Materiais pozolânicos - Determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 13279**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 13276**: - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 7175**: Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 11579**: Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 14724**: Informação e documentação - Trabalhos acadêmicos – Apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15894-3**: Metacaulim para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta - Parte 3: Determinação da finura por meio da peneira 45 µm. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 12653**: Materiais pozolânicos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

BENHELAL, E. et al. **Global Strategies And Potentials To Curb CO₂ Emissions In Cement Industry**, J. Cleaner Prod. 51 – 2013.

BEZERRA, I. M. T. **Cinza da casca de arroz utilizada em argamassas de assentamento e revestimento**. 2010. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

CORDEIRO, L. de N. P. C.; PAES, I. de N. L.; SOUZA, P. S. L.; AZEVEDO, C. M. Caracterização da cinza de caroço de açaí residual para adição ao concreto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 45-55, jan./mar. 2019. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

DELLA, V. P; KÜHN, I; HOTZA, D. Caracterização de cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratários de sílica. **Química Nova**, v. 24, n. 6, São Paulo, 2001.

JAMIL, M.; KAISH, A.B.M.A.; RAMAN, S.N.; et al. Pozzolanic contribution of rice husk ash in cementitious system. **Construction and Building Materials**, v. 47, p. 588–593, 2013.

MODOLO, R. C. E.; SILVA, T.; SENFF, L.; TARELHO, L. A. C.; LABRINCHA, J. A.; FERREIRA, V. M.; SILVA, L. Bottom ash from biomass combustion in BFB and its use in adhesive-mortars. **Fuel Processing Technology**, v. 129, p. 192 - 202, 2015.

Tashima, M. M.; Silva, C. A. R. L.; Akasaki, J. L. **Concreto com adição de cinza de casca de arroz (CCA) obtida através de um processo de combustão não controlada**. In: Jornadas Sud-Americanas de Ingeniería Estructural, 31, 2004, Mendoza, Argentina. Anais... Mendoza, Argentina: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, 2004. CD Rom.

SILVA, D.O.F. **Reaproveitamento de lamas residuais do processo de fabricação do concreto**. Tese (Mestrado em Ciências) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SALVO, M.; RIZZO, M. C.; NOVAJRA, G.; CANONICO, F.; BIANCHI, M.; FERRARIS, M. Biomass ash as supplementary cementitious material (SCM). **Advances in Applied Ceramics**, v. 114, n. sup1, p. S3 - S10, 2015.