

**ANÁLISE COMPARATIVA DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE SÍLICA
ATIVA E PÓ DA CASCA DE ARROZ COMO MATERIAIS POZOLÂNICOS.
COMPARATIVE ANALYSIS OF CONCRETE WITH THE ADDITION OF
ACTIVE SILICA AND RICE HUSK POWDER AS POZZOLANIC
MATERIALS.**

Neemias Rios Nascimento¹, Antônio Vitor Zanin²

¹ Grupo UNIS, Varginha, Minas Gerais, Brasil – E-mail:

neemias.nascimento@alunos.unis.edu.br

² Grupo UNIS, Varginha, Minas Gerais, Brasil – E-mail: antonio.deus@alunos.unis.edu.br

RESUMO (em Português)

O presente trabalho apresenta uma análise comparativa do comportamento do concreto com adição de sílica ativa e pó da casca de arroz, ambos utilizados como materiais pozolânicos. Foram produzidos três traços distintos: um traço de referência sem adição, um com 8% de sílica ativa da marca Elkem e outro com 8% de pó da casca de arroz, em substituição parcial ao cimento Portland CP-V ARI. Todos os concretos utilizaram as mesmas proporções de materiais e passaram por ensaios de abatimento (slump test), densidade, resistência à compressão e tração por compressão diametral. O objetivo foi avaliar o comportamento geral dos concretos modificados e identificar o potencial do pó da casca de arroz em comparação à sílica ativa, amplamente reconhecida por suas propriedades pozolânicas. Os corpos de prova encontram-se em processo de cura, sendo este relatório uma análise parcial dos resultados.

Palavras-chave: concreto sustentável, sílica ativa, casca de arroz, pozolana, resistência mecânica.

1 INTRODUÇÃO

A busca por alternativas sustentáveis na construção civil tem impulsionado o estudo de adições minerais que possam substituir, ainda que parcialmente, o cimento Portland. A produção de cimento é uma das principais responsáveis pela emissão de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, além de demandar elevado consumo energético. Nesse contexto, a utilização de materiais pozolânicos, naturais ou residuais, surge como estratégia para reduzir o impacto ambiental sem comprometer o desempenho técnico do concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Entre os materiais pozolânicos amplamente estudados destaca-se a **sílica ativa**, subproduto do processo de obtenção de silício metálico ou ferrossilício. Este material apresenta alta reatividade e partículas extremamente finas, capazes de preencher vazios na matriz cimentícia e reagir com o hidróxido de cálcio, formando compostos C-S-H adicionais, responsáveis pelo ganho de resistência e durabilidade (NEVILLE, 2016).

De forma semelhante, a **casca de arroz** — resíduo agroindustrial abundante no Brasil — contém elevado teor de sílica amorfa e, quando moída ou calcinada adequadamente, também pode atuar como pozolana (CORDEIRO et al., 2009). No entanto, sua eficiência ainda depende de fatores como finura, pureza e método de preparo.

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo **comparar o desempenho do concreto com adição de sílica ativa e do concreto com pó da casca de arroz**, ambos com 8% de substituição do cimento, analisando suas propriedades no estado fresco e endurecido em relação a um traço de referência sem adição.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Materiais pozolânicos são substâncias silicosas ou silicoaluminosas que, em presença de umidade, reagem quimicamente com o hidróxido de cálcio liberado pela hidratação do cimento Portland, formando compostos com propriedades cimentantes (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

A **sílica ativa** é um dos materiais pozolânicos artificiais de maior desempenho, utilizada principalmente em concretos de alta resistência. Segundo Ganesan, Rajagopal e Thangavel (2008), a incorporação de até 10% de sílica ativa pode aumentar significativamente a resistência e a durabilidade do concreto. Sua estrutura amorfa e

área superficial elevada promovem reações rápidas e eficazes com o hidróxido de cálcio, além de melhorar a compacidade da pasta.

Já o **pó ou cinza da casca de arroz** tem sido amplamente estudado como alternativa sustentável. Conforme Cordeiro, Toledo Filho e Fairbairn (2009), esse material contém teores de sílica amorfa entre 85% e 95%, o que lhe confere potencial pozolânico considerável. A principal diferença em relação à sílica ativa está na variabilidade da granulometria e na pureza, que dependem do processo de moagem e queima.

Estudos comparativos, como o de Zareei et al. (2018), indicam que a adição de resíduos de casca de arroz pode apresentar desempenho semelhante à sílica ativa em teores moderados, embora com desenvolvimento de resistência mais lento. Assim, a análise conjunta de ambos os materiais é fundamental para avaliar seu comportamento e viabilidade técnica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no **Grupo UNIS**, com o objetivo de comparar o comportamento do concreto contendo sílica ativa e pó da casca de arroz. Foram produzidos **três traços experimentais**, todos com base nas mesmas proporções de materiais:

- **Cimento Portland CP-V ARI:** 8 kg
- **Areia natural média:** 15,12 kg
- **Brita 1:** 20,16 kg
- **Água:** mesma proporção para todos os traços, ajustada conforme o abatimento
- **Aditivos pozolânicos:**
 - Traço A: sem adição (referência)
 - Traço B: 8% de sílica ativa da Elkem (0,64 kg)
 - Traço C: 8% de pó da casca de arroz (0,64 kg)

A mistura foi realizada em betoneira, respeitando a seguinte sequência: brita, metade da água, cimento, areia, adição pozolânica e o restante da água. Após a homogeneização, foi medido o abatimento pelo **Slump Test**, conforme a **NBR NM 67:1998**.

Foram moldados, para cada traço, **cinco corpos de prova cilíndricos de 10 × 20 cm e dois de 15 × 30 cm**, totalizando 21 corpos de prova. A cura foi realizada em ambiente úmido e controlado, com ensaios programados para 7 dias de idade.

Os ensaios realizados foram:

- **Abatimento do concreto fresco (NBR NM 67:1998);**
- **Densidade do concreto fresco (NBR 9833:2009);**
- **Resistência à compressão axial (NBR 5739:2018);**
- **Tração por compressão diametral (NBR 7222:2011).**

3.1.1 Determinação da massa específica do cimento.



imagens autorais.

O ensaio foi realizado pelo método do frasco de Le Chatelier (NBR 6474:2008).

Cálculo:

$$\gamma = m / (V2 - V1)$$

$$\gamma = 60 \text{ g} / 20 \text{ cm}^3 = 3,0 \text{ g/cm}^3$$

Massa específica obtida: 3,0 g/cm³.

3.1.2 Determinação da massa específica da areia



imagem autoral.

Agregado classificado como areia média conforme NBR 7211:2019.

Cálculo:

$$\gamma = 500 \text{ g} / 180 \text{ cm}^3 = 2,63 \text{ g/cm}^3$$

Massa específica obtida: 2,63 g/cm³.

3.1.3 Granulometria do agregado miúdo.



Imagem autoral.

Ensaio realizado conforme NBR NM 248.

3.1.4 Determinação da massa específica da brita 1



imagens autorais

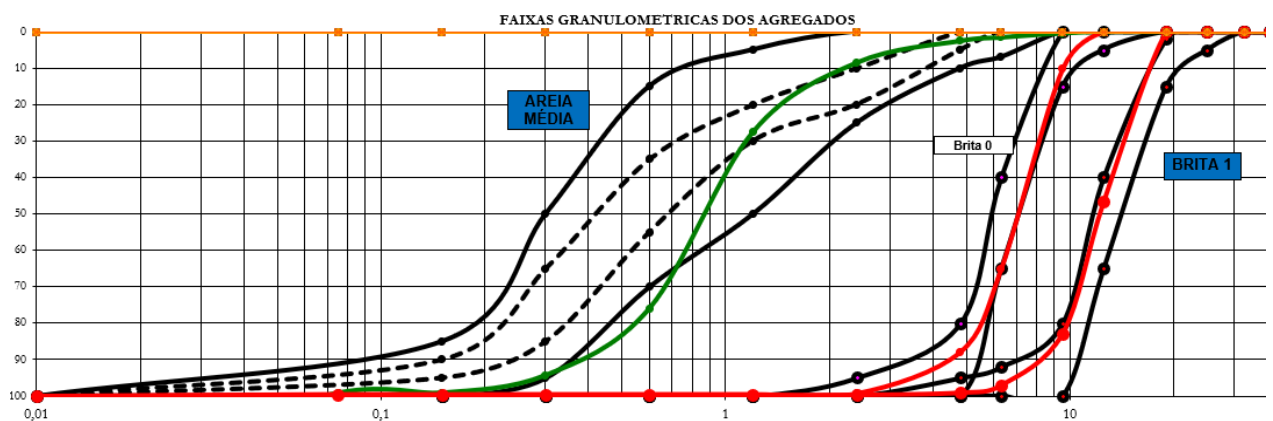
Cálculo:

$$\gamma = m_{\text{seca}} / (m_{\text{seca}} - m_{\text{água}})$$

$$\gamma = 824,50 \text{ g} / (824,50 - 532,19) \text{ g} = 2,82 \text{ g/cm}^3$$

Massa específica obtida: 2,82 g/cm³.

3.1.5 Faixa granulométrica dos agregados



Ensaio seguindo NBR NM 248.

3.2 DOSAGEM E TRAÇO DE CONCRETO

Os cálculos foram realizados pelo método do volume absoluto.

Consumo de cimento:

$$C = 200 \text{ kg} / 0,495 = 404,04 \text{ kg}$$

Consumo de brita:

$$C_b = 0,65 \text{ m}^3 \times 1570 \text{ kg/m}^3 = 1020,5 \text{ kg}$$

Consumo de areia:

$$V_m = 1 - (454,54/3000 + 1020,5/2820 + 200/1000) = 0,303 \text{ m}^3$$

$$C_m = 2630 \times 0,303 = 798 \text{ kg}$$

Traço teórico:

$$404,04 : 798 : 1020,5 : 200$$

Traço corrigido final:

$$8 : 15,12 : 20,16 : 4,56$$



imagens autorais.

3.3 Ensaio realizados

- Abatimento (Slump Test) – NBR NM 67:1998
- Densidade do concreto fresco – NBR 9833:2009
- Compressão axial – NBR 5739:2018
- Tração por compressão diametral – NBR 7222:2011



imagens autorais



imagens autorais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E À TRAÇÃO DIAMETRAL SÍLICA E PÓ DE ARROZ.

Pesquisas anteriores (CORDEIRO et al., 2009; GANESAN et al., 2008) apontam que ambos os materiais podem melhorar a resistência à compressão e à tração a longo prazo, com a sílica ativa apresentando reações mais rápidas e o pó da casca de arroz mostrando ganho gradual de resistência.

Este relatório apresenta os resultados dos ensaios de Resistência à Compressão e Resistência à Tração por Compressão Diametral em corpos de prova cilíndricos, conforme as normas NBR 5739 e NBR 7222.

Dimensões dos corpos de prova:

- Diâmetro: 100 mm
- Altura: 200 mm

Foram avaliados dois tipos de concreto: com adição de sílica e com adição de casca de arroz.



Dados Geométricos

A área da seção transversal é dada por:

$$A = \pi d^2 / 4 = 7854 \text{ mm}^2.$$

Ensaio de Resistência à Compressão

A resistência à compressão é calculada pela fórmula:

$$f_c = T / A$$

Resultados – Sílica

Carga de ruptura: 30,22 kN = 30.220 N

$$f_c = 30.220 / 7854 = 3,85 \text{ MPa}$$



Resultados – Casca de Arroz

Carga de ruptura: 24,66 kN = 24.660 N

$f_c = 24.660 / 7854 = 3,14 \text{ MPa}$



Ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral

A resistência à tração diametral é calculada por:

$$f_{ct,sp} = 2T / (\pi dh)$$

Resultados – Sílica

Carga de ruptura: 12,47 kN = 12.470 N

$$f_{ct,sp} = 0,40 \text{ MPa}$$



Resultados – Casca de Arroz

Carga de ruptura: 12,10 kN = 12.100 N

$$f_{ct,sp} = 0,39 \text{ MPa}$$



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ensaios de resistência mecânica permitiram avaliar de forma objetiva o comportamento dos concretos produzidos com adição de sílica ativa e pó de casca de arroz. Os resultados indicam que o concreto com sílica apresentou valores superiores tanto na resistência à compressão (3,85 MPa) quanto na resistência à tração por compressão diametral (0,40 MPa). Entretanto, o concreto com adição de pó de casca de arroz apresentou desempenho muito próximo, registrando 3,14 MPa e 0,39 MPa, respectivamente.

A proximidade dos valores obtidos demonstra que o pó de casca de arroz, mesmo sendo um subproduto de origem agrícola, possui capacidade de contribuição mecânica relevante, evidenciando sua viabilidade como material suplementar em concretos.

Ademais, a mistura contendo casca de arroz apresentou boa trabalhabilidade durante a moldagem, o que reforça seu potencial de aplicação prática.

Do ponto de vista técnico e ambiental, o desempenho observado indica que o pó de casca de arroz configura-se como alternativa promissora para substituição parcial de materiais cimentícios ou pozolânicos convencionais, especialmente em concretos de baixa a média resistência. Sua utilização pode promover redução no impacto ambiental da cadeia produtiva do concreto, ao mesmo tempo em que contribui para o reaproveitamento de resíduos agroindustriais.

Recomenda-se a continuidade da investigação por meio de estudos complementares envolvendo diferentes teores de substituição, análises microestruturais, comportamento em idades avançadas e avaliação de durabilidade, a fim de consolidar o entendimento da influência do pó de casca de arroz nas propriedades do concreto e otimizar sua aplicação em sistemas construtivos sustentáveis.

ABSTRACT (em Inglês)

This study presents a comparative analysis of the behavior of concrete with the addition of silica fume and rice husk powder, both used as pozzolanic materials. Three different mixes were produced: a reference mix without addition, one with 8% of Elkem silica fume, and another with 8% of rice husk powder, partially replacing Portland cement (CP-V ARI). All concretes used the same material proportions and were subjected to slump test, density, compressive strength, and tensile strength by diametral compression tests. The specimens are under curing process, and this report presents a partial analysis. The results aim to evaluate the general behavior of the modified concretes and identify the potential of rice husk powder compared to silica fume.

Keywords: *sustainable concrete, silica fume, rice husk powder, pozzolanic materials, mechanical strength.*

Agradecimentos

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos ao **Prof. Dr. Ivan Francklin Junior**, pela orientação, apoio técnico e pelas valiosas contribuições durante o desenvolvimento deste estudo. Seu conhecimento e dedicação foram fundamentais para a execução e aprimoramento deste trabalho.

Agradecem também ao **Grupo UNIS**, pela oportunidade e pela infraestrutura disponibilizada, que possibilitaram a realização dos ensaios e o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIRN, E. M. R. *Pozzolan activity and filler effect of rice husk ash in Portland cement and lime mortars*. **Cement and Concrete Composites**, v. 31, p. 142–147, 2009.

GANESAN, K.; RAJAGOPAL, K.; THANGAVEL, K. *Evaluation of rice husk ash for the production of high performance concrete*. **Cement and Concrete Research**, v. 38, p. 390–393, 2008.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M. *Propriedades do Concreto*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

ZAREEI, S. A.; RAFIEIPOUR, M. H.; ABDOLLAHI, H. R.; KHALOO, A. *Performance of rice husk ash as supplementary cementitious material with different fineness in high-strength concrete*. **Construction and Building Materials**, v. 182, p. 512–521, 2018.