



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

# Uso da cinza da casca de arroz bruta em cimentos álcalis ativados como fonte alternativa de sílica

*Use of raw rice husk ash in activated alkali cements as an alternative source of silica*

Valentina Parcianello Eccel\*, José Ilo Pereira Filho†

## RESUMO

A produção do cimento Portland é responsável por grande parte das emissões de CO<sub>2</sub> no mundo. Por isso, o estudo e desenvolvimento de alternativas que possam vir a substituir parte de seu consumo é de extrema importância. Nesse contexto, surgem os cimentos álcalis ativados: compostos a partir de materiais como metacaulim e por resíduos industriais, como cinza volante, escória de alto forno, ativados por uma solução alcalina, formam como produto principal de hidratação o C-S-H e N-A-S-H. Esse trabalho objetiva a produção de um cimento álcali ativado a partir do uso do metacaulim e da cinza da casca de arroz (CCA) bruta moída por 120 minutos como fonte alternativa de sílica ativados por uma solução alcalina de NaOH. Tendo como referência os ensaios de resistência a compressão, os resultados apontam para um bom desempenho da aplicação da CCA em cimentos álcalis ativados, já que a pasta com a CCA apresentou resistência a compressão média de 7,11 Mpa enquanto a outra apresentou resistência média de 6,39 Mpa.

**Palavras-chave:** cimento álcali ativado, cinza da casca de arroz, metacaulim.

## ABSTRACT

Portland cement production is responsible for a large part of the world's CO<sub>2</sub> emissions. Therefore, the study and development of alternatives that could replace part of its consumption is extremely important. In this context, activated alkali cements arise: composed of materials such as metakaolin and industrial waste, such as fly ash, blast furnace slag, activated by an alkaline solution, forming the main hydration product C-S-H and N-A-S-H. This work aims to produce an activated alkali cement using metakaolin and raw rice husk ash (CCA) ground for 120 minutes as an alternative source of silica activated by an alkaline solution of NaOH. Based on the compressive strength tests, the results point to a good performance of the application of CCA in activated alkali cements, since the paste with CCA had an average compressive strength of 7.11 Mpa while the other had an average strength of 6.39 MPa.

**Keywords:** activated alkali cements, raw rice husk ash, metakaolin.

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade e a construção de grandes obras nos últimos anos só foi possível devido ao avanço da construção civil. Assim, procurando atender tanto os requisitos humanos como as mais variadas solicitações de carregamentos e condições climáticas, essas obras exigem da estrutura resistência mecânica e durabilidade, e o tipo de material empregado nelas tem extrema influência sobre essas características.

O cimento Portland, principal aglomerante utilizado para a produção do concreto, é um material de baixo custo e de fácil obtenção e manuseio e, em decorrência disso, seu uso foi amplamente difundido pelo mundo. Entretanto, esse aglomerante apresenta também um conjunto de desvantagens, o elevado consumo energético

\* Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [veccel@alunos.utfpr.edu.br](mailto:veccel@alunos.utfpr.edu.br)

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco; [ilofilho@yahoo.com.br](mailto:ilofilho@yahoo.com.br)



e o alto grau de poluição ambiental na fase de fabricação e durante seu uso, são os principais exemplos. Por isso, é evidente o interesse em desenvolver materiais alternativos ao cimento, que não contribuam para a degradação do meio ambiente. Nesse cenário, destacam – se os cimentos álcalis ativados.

Os cimentos álcalis ativados são compostos basicamente por resíduos industriais tais como cinza volante, escória de alto forno e metacaulim ativados por uma solução alcalina, formando como produto principal de hidratação o C-S-H e N-A-S-H (JUENGER et al., 2011). Os cimentos álcalis ativados à base de pozolanas são materiais de elevada resistência mecânica onde o cálcio está praticamente ausente e, por possuírem estrutura polimérica, foram nomeados e patenteados por Joseph Davidovits como geopolímeros.

Das principais matérias primas para sintetizar geopolímeros pode-se citar o caulim, o metacaulim, a cinza de queima de carvão mineral (cinza volante ou pesada), pozolanas naturais, escórias de alto-forno, cal, cinza de casca de arroz (CCA), entre outros (DAVIDOVITS, 1991 apud CESARI, 2015). O metacaulim é uma argila altamente reativa que reage com soluções alcalinas formando um material cimentício de alto desempenho mecânico. (ALONSO e PALOMO, 2001). Os ativadores são soluções responsáveis por elevar o pH da mistura a fim de proporcionar o início da reação de hidratação do cimento (PROVIS, 2009), sendo o hidróxido de sódio (NaOH) um dos principais utilizados.

Além do metacaulim e da solução ativadora, um resíduo que é amplamente empregado na produção dos cimentos álcalis ativados são as cinzas de casca de arroz (CCA). Esse material proveniente do beneficiamento do grão é composto basicamente por SiO<sub>2</sub>, sendo altamente volumosa, porosa e leve (EL- AZIZ, et al., 2004). De acordo com Gjørsv (1992) a grande quantidade de SiO<sub>2</sub> presente na composição da CCA é a principal característica para a valorização desse resíduo.

E - Aziz, et al., (2004) e Thomas (2018) afirmam que um dos fatores limitantes do uso da CCA é o controle da temperatura de queima da mesma, já que a forma com que ela é queimada determina o teor de sílica amorfa e sua atividade pozolânica, sendo elas divididas em cinzas reativas, aquelas que passaram por um processo de queima controlado; e as pouco reativas. Ainda, a reatividade da sílica não está vinculada somente com seu caráter amorfo, mas, também, com a área superficial específica que é diretamente afetada pela finura de suas partículas (BUI et al., 2005).

A pesquisa em questão teve como objetivo responder à questão: sabendo dos fatores limitantes do uso do Cimento Portland, é possível, utilizando o metacaulim e a cinza e casca de arroz bruta moída por 120 minutos, produzir um cimento que atenda aos requisitos de desempenho?

## 2 MÉTODOS

### 2.1.1 Materiais

A fabricação do cimento álcali ativado e todos os processos envolvidos no desenvolvimento do trabalho foram realizados no Laboratório de Materiais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco entre os meses de abril e setembro de 2021.

A CCA utilizada nessa pesquisa foi fornecida pela empresa Cooperativa Agroindustrial Alegrete LTDA situada no estado do Rio Grande do Sul, a qual foi gerada nos fornos da indústria onde não teve sua temperatura de queima controlada. Tendo como base as pesquisas desenvolvidas por Zaparte (2020), a cinza bruta passou por um processo de moagem de 120 minutos. Para tal, utilizou-se um moinho de bolas disponibilizado pelo Laboratório de Materiais da UTFPR – Campus Pato Branco. A moagem resultou em uma cinza com aspecto uniforme, coloração escura e partículas menores, como ilustra a Fig. 1.

**Figura 1: Cinza bruta moída por 120 minutos.**



Fonte: A autoria própria (2021).

Além disso, o cimento Portland, a areia, o metacaulim e o hidróxido de sódio (NaOH) utilizados foram disponibilizados pelo Laboratório de Materiais da UTFPR – Campus Pato Branco.

### 2.1.2 Índice de pozolanicidade

Para caracterizar a atividade pozolânica da cinza bruta moída por 120 minutos, foi realizado o ensaio de materiais pozolânicos de acordo com a ABNT NBR 5752 (ABNT, 2014). A mistura dos materiais, a moldagem dos corpos de prova e as condições de cura foram realizadas de acordo com a norma ABNT NBR 7215.

Ainda de acordo com a ABNT NBR 5752, a eficiência dessa cinza como material pozolânico é avaliada de acordo com a Eq. (1) abaixo, onde o índice de desempenho (I) calculado deve ser de pelo menos 75%.

$$I = \frac{f_{cB}}{f_{cA}} * 100$$

### 2.1.3 Definição das composições

A definição das composições produzidas nesse trabalho foi baseada nos estudos desenvolvidos por Frare (2018), Linhares (2016) e Tashima et al (2012). Foi realizado o preparo de duas pastas, onde a quantidade de CCA varia em relação a quantidade de metacaulim. A quantidade e os materiais estão descritos na Tab. 1.

Tabela 1 – Traço utilizado para a produção das pastas.

Pasta	CCA (%)	MK (g)	MK (g)	NaOH (M)
1	0	75	0	10
2	30	52,5	22,5	10

Fonte: A autoria própria (2021).

### 2.1.4 Preparação das pastas

Para obter os resultados da resistência a compressão das pastas foram moldados seis corpos de prova nas dimensões 30x30x30mm para cada composição.

No dia anterior a mistura dos materiais, preparou se a solução alcalina. Ao misturar o NaOH com a água destilada, ocorre uma reação exotérmica e, para que o calor liberado não influencie nas propriedades da pasta, foi necessário esperar pelo menos 24h até que a solução voltasse à temperatura ambiente.



Os materiais secos foram previamente misturados e, então, adicionou-se a solução alcalina em temperatura ambiente na mistura. Para produzir as pastas foi utilizado uma argamassadeira disponibilizada pelo Laboratório de Materiais da UTFPR – Campus Pato Branco. A mistura foi argamassada por 10 minutos e imediatamente após, ocorreu a moldagem dos corpos de prova. Os mesmos foram armazenados em câmara úmida por 48h e, após esse tempo, foram desmoldados e submetidos ao processo de cura por 28 dias.

### 2.1.5 Resistência a compressão

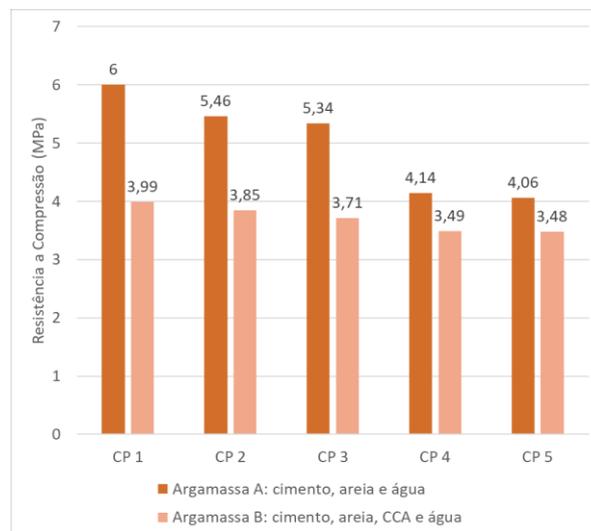
Para realizar os ensaios de resistência a compressão fez se o uso de um aparelho da marca EMIC (DL-30000, EMIC, Brasil), disponibilizado pelo laboratório de materiais da UTFPR – Campus Pato Branco com taxa de aplicação de carga de 1 mm/min.

## 3 RESULTADOS

### 3.1.1 Índice de Pozolanicidade

Após 28 dias em processo de cura, os corpos de prova foram ensaiados e os resultados obtidos estão descritos na Fig. 2.

Figura 2: Resultados do ensaio de resistência a compressão.



Fonte: Autoria própria (2021).

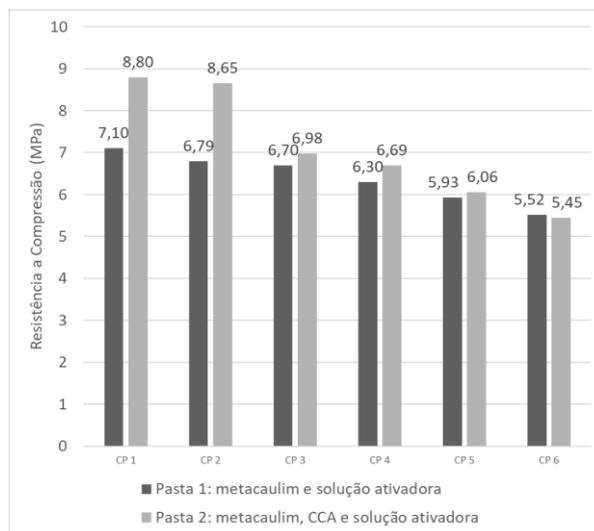
A resistência a compressão média da Argamassa A (f<sub>cA</sub>) foi de 5 Mpa, enquanto a da Argamassa B (f<sub>cB</sub>) foi de 3,70 Mpa. Pela Eq. (1), o índice de desempenho calculado foi de 74,08%. Conforme dita a NBR 5752, o resultado deve ser arredondado ao inteiro, obtendo o valor mínimo de 75%. O valor obtido segue em conformidade com os resultados obtidos por Zaparte (2020), onde utiliza-se as cinzas das cascas de arroz provenientes da mesma indústria e que, portanto, passaram por um processo de queima semelhante.

### 3.1.2 Resistência a compressão



Decorrido os 28 dias em processo de cura, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio. A resistência a compressão média da pasta 1 foi de 6,39 Mpa com um desvio padrão de 0,5894. Já para a pasta 2, a média das resistências a compressão foi de 7,11 Mpa com um desvio padrão de 1,3623. Os resultados obtidos estão representados na Fig. 3.

**Figura 3: Resultados do ensaio de resistência a compressão.**



**Fonte: Autoria própria (2021).**

#### 4 CONCLUSÃO

Analisando os resultados pode se afirmar que esse trabalho obteve resultados satisfatórios.

Avaliando o índice de desempenho obtido no teste de pozolanicidade pode se concluir que a cinza é reativa, ou seja, pode ser considerada material pozolânico e aplicada no desenvolvimento de cimentos.

Em relação aos resultados obtidos no ensaio a compressão, pode-se concluir que é sim possível produzir um cimento álcali ativado utilizando a CCA bruta moída por 120 minutos como fonte alternativa de sílica. Além disso, a incorporação da CCA na massa da pasta do cimento mostrou ser uma alternativa viável visto que os valores de resistência a compressão foram mais satisfatórios na pasta em que a cinza estava presente na composição.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5752: **Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: **Determinação da resistência a compressão**. Rio de Janeiro, 1996.



JUENGER, M. C. G. et al. **Advances in Alternative Cementitious Binders**. Cement and Concrete Research, p. v.41, 1232-1243p., 2011.

CESARI, V. **Influência do uso de aditivos dispersantes em pastas de geopolímero produzido com cinza volante e hidróxido de sódio**. 2015. 128 f.

S ALONSO, A PALOMO, **Alkaline activation of metakaolin and calcium hydroxide mixtures: influence of temperature, activator concentration and solids ratio**. Materials Letters, Volume 47, Issues 1–2, 2001, Pages 55-62.

PROVIS, J. L. **Activating solution chemistry for geopolymers**, in: J.L. Provis, J.S.J. van Deventer (Eds.), Geopolymers, Woodhead, Cambridge, UK, p. 50-71, 2009.

EL- AZIZ, M. A. **Effect of polycarboxylate on rice husk ash pozzolanic cement**. Silic. Indus, 69, p. 73-84, 2004.

GJORV, O.E.(1992). **High strength concrete**. In: ADVANCES IN CONCRETE TECHNOLOGY, Athens. Proceedings, Montreal, CANMET.

THOMAS, B. S. **Green concrete partially comprised of rice husk ash as a supplementary cementitious material – A comprehensive review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, p. 3913-3923, 2018.

BUI, D.; HU, J.; STROEVEN, P. **Particle size effect on the strength of rice husk ash blended gap-graded Portland cement concrete**. Cement and Concrete Composites, Volume 27, Issue 3, p. 357-366, 2005.

ZAPARTE, Taiara Aparecida. **Análise global da influência da finura da cinza de casca de arroz como substituição parcial ao cimento Portland nas propriedades da argamassa de revestimento**. 2020. 129 f.