

# AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO CERÂMICO INDUSTRIAL CALCINADO EM DIFERENTES TEMPERATURAS NAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS.\*

Markssuel Teixeira Marvila<sup>1</sup>

Jonas Alexandre<sup>2</sup>

Afonso Rangel Garcez de Azevedo<sup>3</sup>

Euzébio Bernabé Zanelato<sup>4</sup>

Sergio Neves Monteiro<sup>5</sup>

## Resumo

Campos dos Goytacazes, RJ, é um importante polo produtor de cerâmica vermelha, e conseqüentemente gera grande quantidade de resíduo cerâmico industrial (RCI). Por apresentar atividade pozzolânica, foi realizado nesse trabalho a avaliação da substituição do cimento Portland por RCI em argamassas 1:3 (cimento: areia) nas proporções de 10% e 20%. A motivação para esse estudo são criar destinação para um resíduo que atualmente não apresenta nenhuma função nobre e reduzir a quantidade de cimento, um material cuja produção é altamente poluidora, em argamassas. Para isso foram realizados os ensaios de atividade pozzolânica, retenção de água, teor de ar incorporado e resistência à compressão em argamassas com RCI calcinados em 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C e 1000°C. Os resultados indicam a possibilidade do uso do resíduo em argamassas, com incrementos nas propriedades avaliadas e com os ganhos ambientais destacados.

**Palavras-chave:** argamassas, resíduo cerâmico industrial, calcinação, resistência à compressão.

## EVALUATION OF THE INCORPORATION OF INDUSTRIAL CERAMIC WASTE CALCINATED AT DIFFERENT TEMPERATURES IN THE PROPERTIES OF MORTARS \*.

### Abstract

Campos dos Goytacazes, RJ, is an important pole producer of red ceramics, and consequently generates a large amount of industrial ceramic waste (RCI). Because of the presence of pozzolanic activity, the evaluation of the replacement of Portland cement by RCI in 1: 3 (cement: sand) mortars in the proportions of 10% and 20% was carried out. The motivation for this study is to create a destination for a waste that currently has no noble function and reduce the amount of cement, a material whose production is highly polluting, in mortars. For this, the tests of pozzolanic activity, water retention, incorporated air content and compressive strength in RCI mortars calcined at 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C and 1000°C were carried out. The results indicate the possibility of the use of the residue in mortars, with increases in the evaluated properties and with the environmental gains highlighted.

**Keywords:** mortars, industrial ceramic residue, calcination, compressive strength.

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, mestre em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

- <sup>3</sup> *Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>4</sup> *Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- <sup>5</sup> *Engenheiro Metalúrgico, PhD em Engenharia e Ciência dos Materiais, IME, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

A incorporação de resíduos nos materiais de construção apresenta-se hoje como uma alternativa com grande potencial de minimização de impactos ambientais, diminuindo o volume de rejeitos a serem descartados, uma vez que o resíduo de um processo se torna insumo de outro, podendo atuar também como redutor de custos de produção, seja por economia de energia ou de matéria-prima [1].

Logo, o desenvolvimento tecnológico de processos associados à reciclagem de resíduos industriais passa a ter hoje enorme relevância. O aumento no descarte de rejeitos sólidos, bem como os problemas advindos da exaustão de matérias-primas naturais, vem impulsionando os estudos sobre o aproveitamento destes resíduos como novos materiais, reduzindo o seu impacto ambiental e viabilizando a redução de custos industriais e a criação de novos empregos.

No Município de Campos dos Goytacazes, existe um polo cerâmico constituído atualmente mais de 150 indústrias cerâmicas, sendo este polo o segundo maior produtor de tijolos do Brasil, produzindo cerca de 90 milhões de peças por mês [2].

Estima-se que 10% do total produzido por estas cerâmicas transformam-se em resíduo durante o processo de fabricação, seja na linha de produção ou na estocagem, gerando um desperdício de aproximadamente 19 mil toneladas/mês de resíduo [3].

O rejeito produzido por essas indústrias não possui ainda destinação final, ficando muitas vezes depositado nos pátios das empresas ou sendo descartado de forma irregular, não existindo um controle sobre os danos ambientais causados por esse resíduo [3].

Dessa forma, a utilização desse resíduo em argamassas como forma de substituição do cimento Portland é uma grande vantagem ambiental, uma vez que dar-se-á destino a um resíduo destacado e ocorrerá substituição de um material cuja fabricação causa danos severos ao meio ambiente através da emissão de gases poluentes como o CO<sub>2</sub> [4].

O estudo da substituição de cimento por argilas extraídas de jazidas da cidade de Campos dos Goytacazes – RJ calcinadas em diferentes temperaturas em concreto armado foi realizado por Cordeiro e Désir (2010) [5], onde os autores comprovaram a possibilidade do uso desse material em compostos cimentícios. Sendo assim o destacado trabalho pode ser citado como uma motivação para o trabalho atual, em que será estudado a substituição do cimento por resíduo de cerâmica industrial (RCI) da região de Campos dos Goytacazes em argamassas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

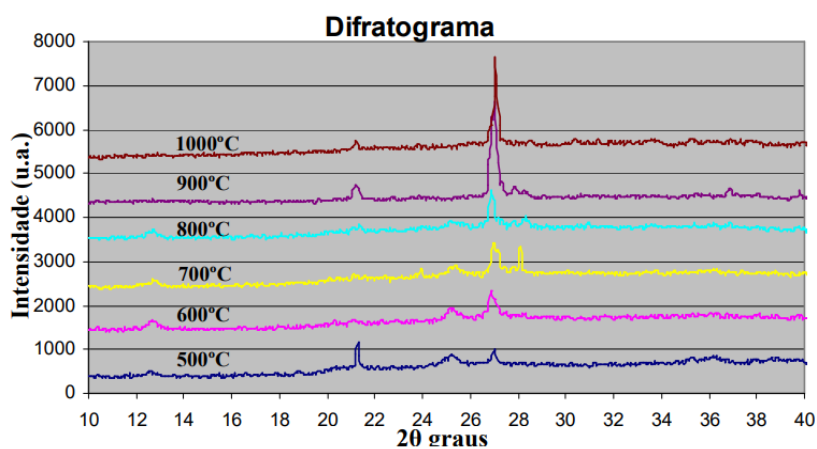
Para realização do trabalho foram utilizados os seguintes materiais: cimento Portland CP-II-E da marca Votoram; agregado miúdo tipo areia natural com módulo de finura de 3,23; e resíduo cerâmico moído extraído de indústrias da cidade de Campos dos Goytacazes-RJ, calcinados em diferentes temperaturas (500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C e 1000°C). O resíduo foi fragmentado num moinho de bolas Sonex de 14kg de capacidade.

O resíduo também foi caracterizado quimicamente utilizando a espectrometria por fluorescência de raios-X de energia dispersiva (EDX) e mineralogicamente por difração de raios-X em um difratômetro, conforme os resultados apresentados na Tabela 1 e na Figura 1, respectivamente. Também foi realizada a caracterização granulométrica do material por peneiramento, conforme Figura 2. Observa-se pouca

variação na composição química do resíduo ao longo das diferentes temperaturas, uma vez que a massa cerâmica utilizada como base para o material foi a mesma. Além disso observa-se que quanto maior a temperatura de queima, maior o pico obtido na Figura 1 da composição mineralógica, indicando que as temperaturas maiores apresentam maior cristalinidade. Por fim, observa-se pela Figura 2 que a finura do resíduo obtido por moagem apresenta tendência quase linear com o aumento da temperatura, onde os resíduos provenientes de peças cerâmicas queimadas em maiores temperaturas mostraram-se mais finos.

**Tabela 1.** Composição química do RCI.

Óxidos (%)	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C	1000°C
SiO <sub>2</sub>	46,3	45,9	45,9	46,4	57,2	47,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	39,1	38,3	38,0	37,9	33,1	37,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,6	9,5	8,5	8,3	3,2	8,5
SO <sub>3</sub>	2,0	1,6	2,3	2,4	1,6	1,9
TiO <sub>2</sub>	1,7	1,7	1,7	1,6	1,3	1,6
K <sub>2</sub> O	1,7	2,4	2,5	2,7	2,7	2,3
Outros	0,6	0,6	1,1	0,7	0,9	0,6



**Figura 1.** Caracterização mineralógica do RCI.

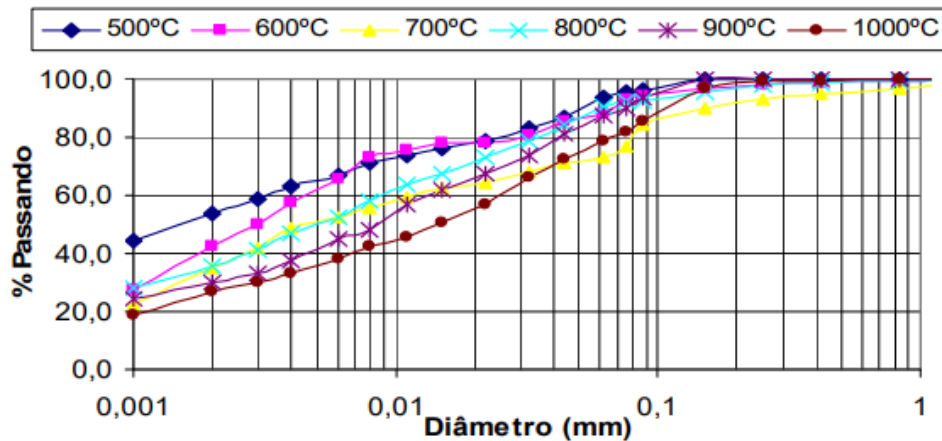
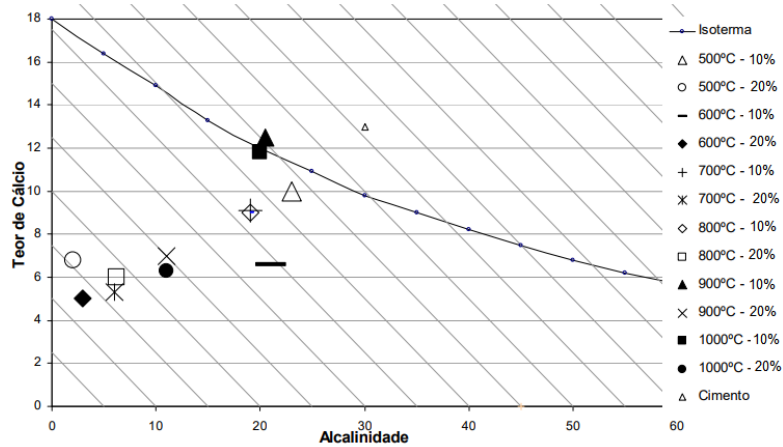


Figura 2. Caracterização granulométrica do RCI.

No estudo foram utilizadas argamassas na proporção 1:3 (cimento: areia) com 10% e 20% de substituição do cimento pelo RCI queimados a diferentes temperaturas, com relação água/cimento fixada em 0,52 afim de manter os parâmetros de trabalhabilidade obtidos para as argamassas, conforme NBR 13276:2016 [6]. Foram avaliadas as seguintes propriedades das argamassas: resistência à compressão (NBR 5739:2007 [7]), retenção de água (NBR 13277:2005 [8]) e teor de ar incorporado e densidade de massa (NBR 13278:2005 [9]). Além disso foi realizado o ensaio para mensuração do índice de atividade pozolânica NBR 5753:2016 [10]). No ensaio de resistência à compressão foram utilizados corpos de prova cilíndricos 50x100mm, ensaiados numa prensa EMIC com cédula de carga S de 30kN de capacidade, com taxa de carregamento de 0,5 kN/s, aos 7, 14 e 28 dias de cura.

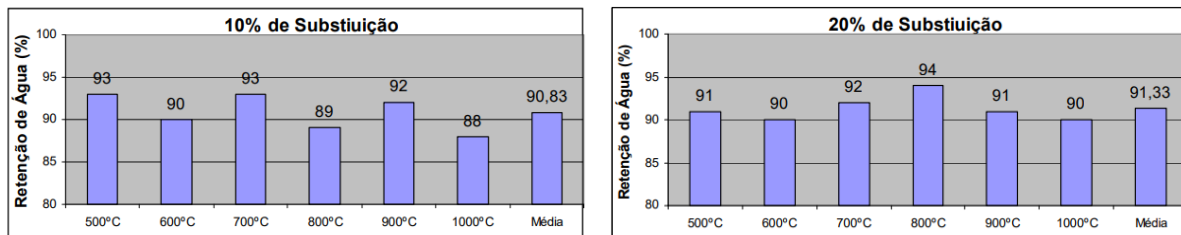
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos para atividade pozolânica são apresentados na Figura 3, onde os pontos localizados acima da isoterma de solubilidade são considerados cimentos não pozolânicos e os pontos localizados abaixo da isoterma são considerados pozolânicos. Pode ser observado, que todas as amostras de cimento que receberam a adição de RCM geraram pontos situados abaixo da isoterma, ou seja, todas as temperaturas apresentaram atividade pozolânica. Os pontos avaliados são considerados de maior atividade pozolânica quanto mais afastados e abaixo estiverem da isoterma de solubilidade. Verifica-se que maior presença do resíduo cerâmico industrial implica em maior atividade pozolânica, quando comparado ao traço contendo apenas cimento, por exemplo. Além disso, observa-se que o resíduo em temperaturas mais elevadas (800°C, 900°C e 1000°C) apresentou-se menos pozolânico, uma vez que apresenta maior cristalinidade, conforme observado na Figura 1.

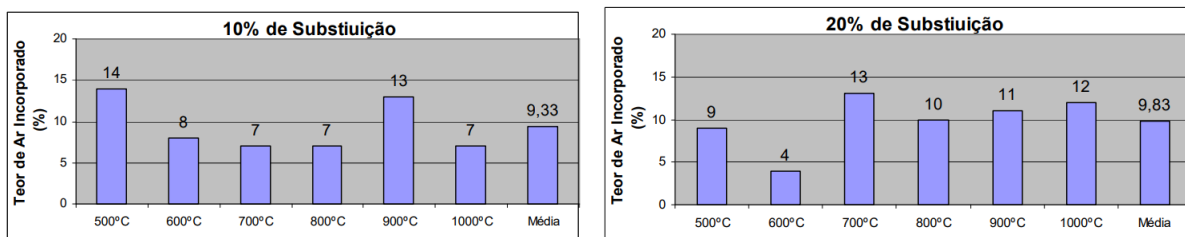


**Figura 3.** Atividade pozolânica das argamassas estudadas.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos para retenção de água, enquanto a Figura 5 apresenta os resultados para o teor de ar incorporado. Observa-se que todas as argamassas avaliadas apresentaram altos teores de retenção de água (acima de 88%) e baixos teor de ar incorporados (abaixo de 13%). Dessa forma, no que diz respeito a essas duas propriedades as argamassas mostraram-se satisfatórias.



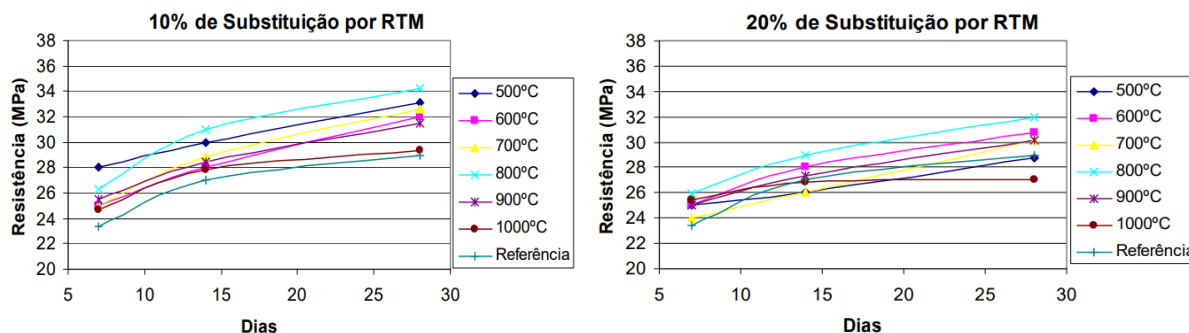
**Figura 4.** Retenção de água das argamassas estudadas.



**Figura 5.** Teor de ar incorporado das argamassas estudadas.

A Figura 6 apresenta os resultados obtidos para resistência à compressão, obtidos após 7, 14 e 28 dias de cura. Verifica-se para o traço com 10% de substituição que todas as temperaturas de queima avaliadas em todas as idades ensaiadas apresentaram maiores valores de resistência do que o traço de referência, o que pode ser atribuído ao efeito filler provocado pelo RCI e pela atividade pozolânica que o resíduo apresenta, que aumenta substancialmente a resistência de materiais cimentícios. Para as incorporações com 20% de substituição, entretanto, verifica-se que foram obtidas menores resistências do que as encontradas para 10% de substituição, sendo que algumas temperaturas de queima (1000°C e 500°C) apresentaram resistência abaixo do traço de referência. Isso pode ser atribuído a maior quantidade de material pozolânico do que hidróxido de cálcio produzido na

hidratação do cimento, ficando, desta forma, material pozolânico sem reagir e sem formar o silicato de cálcio hidratado, responsável pelo ganho de resistência. No que diz respeito a temperatura de queima, observa-se que a calcinação em 800°C é o ideal, atribuído a cristalização do RCI nessa temperatura, que não é tão acentuada como nas temperaturas de 900°C e 1000°C, mas não tão baixa como nas temperaturas de 500°C a 700°C. Sabe-se que a metacaulinita, principal composto responsável pela atividade pozolânica, forma-se a cerca de 600°C a 700°C, e que na temperatura de 900°C forma-se a mulita, composto muito cristalino e com baixa atividade pozolânica, conforme destacado por Oliveira e Barbosa (2006) [11]. Isso explica os resultados obtidos.



**Figura 6.** Resistência à compressão das argamassas estudadas aos 7, 14 e 28 dias de cura.

#### 4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostram a possibilidade da utilização do resíduo cerâmico industrial em argamassas como substituição do cimento Portland, afim de obter vantagens econômicas, ambientais e até mesmo tecnológica.

Os resultados de atividade pozolânica demonstram que a temperatura de queima e a porcentagem de RCI incorporados nas argamassas interferem diretamente em tal propriedade.

Além disso os resultados de retenção de água e teor de ar incorporado mostram-se muito coerentes, enquanto os resultados de ensaio à compressão mostraram que a temperatura de queima de 800°C é a mais recomendada, uma vez que nessa temperatura já ocorreu formação de metacaulinita, porém ainda não houve a formação da mulita. Ainda pode ser concluído que argamassas com 10% de substituição apresentam valores de resistência maiores, embora as argamassas com 20% também representem melhorias em relação ao traço de referência.

#### REFERÊNCIAS

- 1 AZEVEDO, A.R.G., ALEXANDRE, J., ZANELATO, E.B., MARVILA, M.T. (2017) Influence of incorporation of glass waste on the rheological properties of adhesive mortar. *Construction and Building Materials*, 148, 59–368.
- 2 RAMOS, I.S., ALEXANDRE, J., ALVES, M.G., VOGEL, V., GANTOS, M. (2008) A indústria cerâmica vermelha de Campos dos Goitacazes e a inclusão social das artesãs da baixada campista através do projeto Caminhos de Barro, *Cerâmica* 54, 280-286.

- 3 AREIAS, I.O.R.; VIEIRA, C.M.F.; MANHÃES, R.S.T.; INTORNE, A.C. (2017) Incorporação de lodo da estação de tratamento de esgoto (ETE) em cerâmica vermelha, *Cerâmica* 63 (2017) 343-349.
- 4 SINGH, M., CHOUDHARY, K., SRIVASTANA, A. (2017) A study on environmental and economic impacts of using waste marble powder in concrete, *Journal of Building Engineering* 13, 87–95.
- 5 G. C. Cordeiro, J. M. Désir, “Potencial de argila caulínica de Campos dos Goytacazes, RJ, na produção de pozolana para concreto de alta resistência”, *Cerâmica* 56 (2010) 71-76.
- 6 Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2016) Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência: NBR 13276. Rio de Janeiro.
- 7 Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2007) Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos: NBR 5739. Rio de Janeiro.
- 8 Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2005) Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água: NBR 13277. Rio de Janeiro.
- 9 Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2005) Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado: NBR 13278. Rio de Janeiro.
- 10 Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2016) Cimento Portland - Ensaio de pozolanicidade para cimento Portland pozolânico: NBR 5753. Rio de Janeiro.
- 11 M.P. de Oliveira, N.P. Barbosa, Potencialidades de um caulim calcinado como material de substituição parcial do cimento portland em argamassas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.10, n.2, p.490–496, 2006.
- 12