

## **Influência da adição de resíduos da cerâmica vermelha no desempenho de argamassas de revestimento quanto às variações higrotérmicas**

**(Influence of the addition of red ceramic residues on the performance of coating mortars for hygrothermal variations)**

Bini Farias, M. V.<sup>1</sup>; Pereira Filho, J. I.<sup>2</sup>, Baldin, C. R. B.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco  
mariaf@alunos.utfpr.edu.br

<sup>2</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco  
ilopereira@utfpr.edu.br

<sup>3</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco  
claudiabaldin@utfpr.edu.br

### **Resumo**

*Esse trabalho apresenta um estudo científico sobre as propriedades higrotérmicas, compostas por variação térmica e variação de umidade, encontradas na argamassa de revestimento externo das edificações. Visando a redução das fissuras geradas devido a essas variações, o estudo compreende a adição de resíduos de cerâmica vermelha na composição da argamassa. Através da análise de resultados a partir de ensaios regidos pela Norma Brasileira Regulamentadora (NBR), para as diferentes composições de argamassa, pode-se chegar ao resultado de qual composto sofre menos com as variações higrotérmicas impostas pelo ambiente natural, dessa forma reduzindo a fissuração e conseqüentemente aumentando a vida útil do revestimento.*

**Palavras chave:** Argamassa, Resíduo de Cerâmica Vermelha, Variações Higrotérmicas.

### **Abstract**

*This paper presents a scientific study on the hygrothermal properties, thermal variation and moisture variation, found in them or taro f the buildings' external coating. Aiming to reduce the cracks generated due to these variations, the study includes the addition of red ceramic residues in them or tar composition. Through the analysis of results from the Brazilian Regulatory Regulation (NBR), for the different mortar compositions, one can reach the result of which compound suffers less with the hygrothermal variations imposed by the natural environment, thus reducing the cracking and consequently increasing the life of the coating.*

**Keywords:** Mortar, Red Ceramic Residue, Hygro thermal Variations.

## INTRODUÇÃO

Uma das definições mais usadas no contexto da engenharia civil para o termo “variações higrotérmicas” é a movimentação causada pelas ações da umidade e da temperatura, causando dilatação e contração no material.

O conceito de movimentos higrotérmicos é definido como sendo a movimentação causada pelas ações da umidade e da temperatura, ou seja, movimentos de tração e retração. As propriedades higrotérmicas são as propriedades relacionadas com a transferência de calor e umidade, sendo que o estudo destes mecanismos de transferência possui grande importância para a caracterização do comportamento dos materiais de construção. Principalmente, no que se refere à durabilidade, a estanqueidade, a degradação de aspecto e ao desempenho térmico [1].

As trincas provocadas por variação de umidade dos materiais de construção civil são muito parecidas com as provocadas por variações de temperatura. Em casos específicos, podem ocorrer aberturas variando em função das propriedades higrotérmicas dos materiais e das amplitudes de variação da temperatura e/ou umidade [2].

A contração e dilatação térmica estão presentes em todos os materiais da construção civil, estas oscilam de acordo com a diminuição ou aumento da temperatura. A variabilidade destas oscilações são características de cada material, podendo sofrer maior ou menor variação dependendo de sua composição [3].

As transferências de umidade ocorrem durante a vida inteira dos materiais [4]. No caso da argamassa, devido a sua estrutura porosa, a umidade na forma de vapor é fixada nos poros da argamassa através dos processos de adsorção física e condensação capilar. Já em condições onde não ocorre mudança de temperatura, a água fixada é transportada para o interior do material através de mecanismos que dependem principalmente das dimensões do poro e da umidade relativa. Na fase líquida, ocorre o processo chamado de capilaridade, situação que ocorre, por exemplo, quando um material está sujeito à infiltração de água do solo [1].

Portanto, um fator importante para o controle de fissuras está na qualidade do preparo da argamassa, principalmente na relação água/cimento, que influencia diretamente nas diversas propriedades da argamassa. Essa relação não apenas determina a plasticidade ou a fluidez da pasta de cimento e, portanto, as características de consistência e trabalhabilidade da argamassa, como afeta também, as propriedades da argamassa endurecida. As propriedades de resistência mecânica e de deformação da argamassa dependem de forma direta dessa relação [2].

No setor da cerâmica vermelha o índice de perdas varia entre 3% a 30% [5]. Tendo em vista a grande quantidade deste resíduo no meio ambiente, é de extrema importância fornecer uma destinação adequada ao mesmo, contribuindo dessa forma na redução do impacto ambiental. Assim sendo, o ramo da construção civil busca a incorporação destes resíduos em produtos cimentícios. O uso de resíduos na base cimentícia pode proporcionar tanto benefício ambiental, quanto técnico e econômico [6].

Dados da ANICER (Associação Nacional da Indústria Cerâmica) [7], e de acordo com a pesquisa do IBGE (2008), aponta que a indústria da cerâmica vermelha possui aproximadamente 7.341 empresas no país, contribuindo com 4,8% da indústria da construção civil, e representa 90% das alvenarias e coberturas construídas no Brasil, gerando dessa forma cerca de 293 mil empregos diretos e 900 mil empregos indiretos.

Uma das principais razões para o desenvolvimento de compósitos de cimento com adições minerais se dá pela economia nos custos [8]. Ainda, além da economia adquirida e sua disponibilidade no mercado, a utilização das argilas calcinadas em argamassas e concretos proporcionam um aumento da durabilidade de tais materiais [9].

Um estudo verificou o comportamento da argamassa de revestimento com substituição parcial de 5% e 10% de massa de cal por RCV ou de metacaulim. Os autores concluíram que a percentagem de substituição deve variar em função das características pretendidas. Contudo, os resultados obtidos foram satisfatórios em termos técnicos e sustentáveis, verificou-se que com a substituição de massa de cal por resíduo cerâmico as características mecânicas e em relação ao comportamento na presença de água, ficam semelhantes ou em alguns casos melhores quando comparadas com as argamassas de referência, favorecendo a adoção do resíduo [10].

Outro estudo, após definido o traço de referência da argamassa, foram definidos mais quatro traços, sendo um deles com 5%, outro com 10%, outro com 15% e outro com 20% de adição de RCV em substituição à cal. Os resultados alcançados evidenciaram que: todos os traços com adição de resíduos de cerâmicas vermelhas recicladas apresentaram um aumento no resultado do índice de consistência em comparação com o traço de referência, o teor de ar incorporado aumentou nos traços com 10%, 15% e 20% de resíduos, enquanto que no traço com 5% de resíduos diminuiu, os resíduos de cerâmicas vermelhas recicladas exerceram influência significativa na redução da densidade de massa no traço de 20%, ou seja, a tendência é que quanto maior a adição de resíduos menor a densidade de massa da argamassa, e com o aumento do teor de substituição do resíduo houve uma melhora visual na coesão da argamassa [11].

## MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem metodológica do estudo consiste em além de pesquisas bibliográficas sobre variações higrotérmicas e o comportamento da argamassa de revestimento quando exposta as variações citadas, também a aplicação de ensaios para verificar a alteração nas propriedades físicas dos corpos de prova, tais como: índice de consistência, retenção de água, densidade no estado fresco e endurecido, absorção de água por capilaridade, resistência à tração da flexão e resistência à compressão. Por meio dos quais, será possível prever a variação de calor e de umidade na argamassa, após a adição de resíduos de cerâmica vermelha.

Realizou-se a caracterização dos resíduos de cerâmica vermelha por meio de ensaios laboratoriais e revisões bibliográficas, para definir a massa específica e a superfície específica, realizados com base na NBR 16372 [12], também conhecido como Método de Blaine e NBR 16605 [13], e composição química por meio do ensaio Fluorescência de Raios X (FRX).

Com base em revisões de estudos sobre o assunto, definiram-seas melhores proporções de adição de resíduos de cerâmica vermelha na argamassa de revestimento visando reduzir as patologias causadas devido às variações higrotérmicas. Buscando a melhor relação entre quantidade de resíduo adicionado e a resistência mecânica do revestimento, de acordo com os resultados das variações higrotérmicas.

Através da confecção de corpos de prova de argamassa de revestimento segundo a NBR 7215 [14], com adição de resíduos de cerâmica vermelha, efetuaram-se diversos ensaios para verificação da alteração das propriedades físicas do material, para então determinar a ocorrência de melhoria das mesmas após a adição do RCV, favorecendo assim a redução das fissuras devido às variações higrotérmicas.

Com isso, a argamassa de referência foi preparada por meio da mistura em massa de cimento, cal hidratada, areia e água com um traço de 1 : 2 : 6 : 1,9, onde a relação água cimento foi determinada por meio da NBR 13276 [15], e posteriormente, houve a incorporação do RCV a esse traço, nas proporções pré-estabelecidas. Salienta-se que para esse estudo foi fixado o índice de consistência em 275 +/- 10 mm, para garantir assim, a trabalhabilidade da argamassa de revestimento.

E com base nas pesquisas citadas acima, para o presente estudo definiu-se a adição de resíduo de cerâmica vermelha em três proporções, a qual se usou 10%, 15% e 20% de RCV

em substituição ao volume de cal, devido ao fato de não ocorrerem diferenças significativas na massa específica entre ambos, e com essa substituição, visa-se uma melhora nas propriedades da argamassa de revestimento e conseqüentemente redução nas fissuras causadas pelas variações higrotérmicas. Optou-se para utilizar o RCV em substituição à cal, pois possui maior custo e utiliza-se um maior volume no traço da argamassa quando comparado ao cimento.

Com o objetivo de avaliar as propriedades físicas do resíduo de cerâmica vermelha, fez-se uso de ensaios tecnológicos para determinar características como: massa específica, superfície específica e composição química, tornando viável dessa forma, mensurar a melhora das propriedades do produto final, aumentar o valor agregado ao produto e proporcionar redução de custos para o fabricante.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a presente pesquisa, utilizou-se o RCV proveniente da indústria de cerâmica vermelha localizada na região Centro-Sul do estado do Paraná, na cidade de Prudentópolis, considerada inclusive como o polo da indústria de cerâmica vermelha no estado. Um estudo já realizado anteriormente com o mesmo material definiu como suas propriedades de massa específica 2,61 g/cm<sup>3</sup> e Blaine 12902 cm<sup>2</sup>/g [16].

Ainda fez-se o ensaio usando a técnica de Fluorescência de Raios-X, para relatar a composição química do material [16], onde os resultados podem ser analisados na Tabela I, a seguir.

**Tabela I- Composição química do RCV por FRX**

	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	MnO (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	*P.F. (%)	Soma (%)
RCV	70,87	18,11	4,57	0,06	1,07	1,85	0,07	0,71	0,05	0,05	3,13	100,53

\*P.F. = Perda ao fogo

**Fonte: Baldin, (2019).**

Foram realizados os ensaios com base nas Normas Brasileiras Regulamentadoras a seguir:

- NBR 13276/2002 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.

- NBR 13277/1995 – Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de tetos - Determinação da retenção de água.
- NBR 13278/1995 – Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.
- NBR 13279/2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e compressão.
- NBR 13280/1995 - Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.
- NBR 9779/1995 – Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade.

Portanto, os resultados obtidos podem ser analisados na Tabela II, abaixo:

**Tabela II – Resultados Gerais**

Argamassa	De Referência	Com 10% de RCV	Com 15% de RCV	Com 20% de RCV
<b>Traço</b>	<b>1 : 2 : 6 : 1,9</b>	<b>1: 1,8 : 0,2 : 6 : 1,8</b>	<b>1: 1,7 : 0,3 : 6 : 1,7</b>	<b>1: 1,6 : 0,4 : 6 : 1,8</b>
Índice de Consistência juuuuhjuk	281,67 mm	273,33 mm	268,33 mm	273,33 mm
Retenção de água	98,87%	99,20%	98,67%	92,05%
Densidade (fresco)	1,68 g/cm <sup>3</sup>	1,66 g/cm <sup>3</sup>	1,66 g/cm <sup>3</sup>	1,68 g/cm <sup>3</sup>
Teor de Ar Incorporado	18,87%	20,64%	21,49%	19,65%
Resistência à tração (7 dias)	1,80 Mpa	1,88 Mpa	2,25 Mpa	2,17 Mpa
Resistência à compressão (7 dias)	4,66 Mpa	6,67 Mpa	8,37 Mpa	8,10 Mpa
Resistência à compressão (28 dias)	6,18 Mpa	9,70 Mpa	12,09 Mpa	12,48 Mpa
Absorção de água por capilaridade	2,31 g/cm <sup>2</sup>	0,72 g/cm <sup>2</sup>	1,36 g/cm <sup>2</sup>	1,72 g/cm <sup>2</sup>
Densidade (endurecido)	1,73 g/cm <sup>3</sup>	1,72 g/cm <sup>3</sup>	1,75 g/cm <sup>3</sup>	1,77 g/cm <sup>3</sup>

**Fonte: Autor, (2019).**

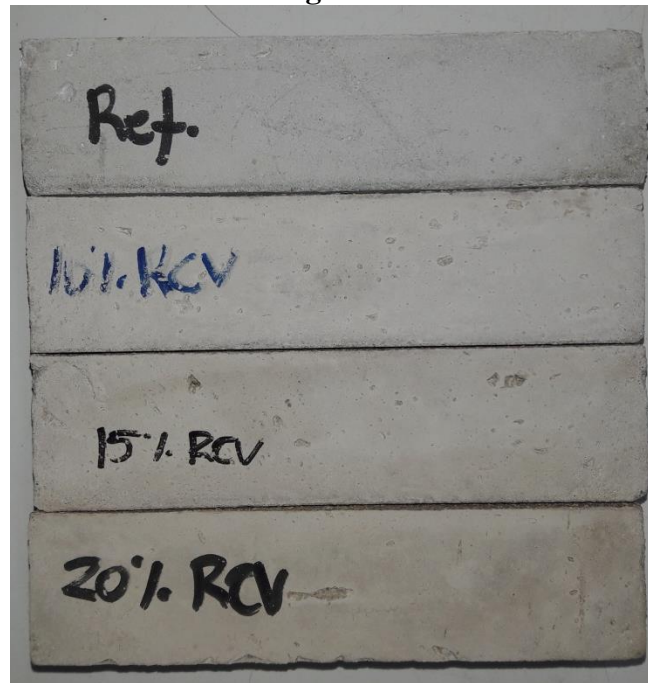
Nota-se uma redução no fator água/cimento da argamassa, onde ocorreu a redução da quantidade de água na mistura com a adição do resíduo de cerâmica vermelha.

Percebe-se também que mesmo com a substituição parcial da cal por resíduo de cerâmica vermelha, a densidade da argamassa não sofre alterações significativas, devido ao fato de ambas possuírem massa específica semelhante.

Assim como no estudo de [10], é perceptível a melhora da resistência tanto à tração quanto à compressão das argamassas com adição de RCV em relação à argamassa de referência, bem como o comportamento face a água, onde a adição de RCV reduz consideravelmente a absorção por capilaridade da mesma.

A Figura 1 a seguir mostra os corpos de prova com cada adição.

**Figura 1**



**Comparação visual entre adições de RCV**

Analisando a figura, de cima para baixo, argamassa de referencia, argamassa com adição de 10% de RCV, argamassa com adição de 15% de RCV e argamassa com adição de 20% de RCV. Pode-se perceber uma melhora na coesão da argamassa com a adição do RCV, contudo, houve uma leve alteração de coloração em relação à argamassa de referência.

## **CONCLUSÕES**

Com base na análise de resultados, os quais são expostos na Tabela II, pode-se concluir que as amostras com resíduo de cerâmica vermelha necessitaram de um fator água cimento menor para obter a trabalhabilidade previamente definida, e com isso, obteve-se uma melhora na resistência tanto à tração quanto à compressão da argamassa de revestimento, devido ao

RCV possuir propriedades pozolânicas quando em reação com o cimento, beneficiando as propriedades de resistência na argamassa.

Contudo, notou-se que as amostras com maior porcentagem de RCV, como a de 15% e 20% absorveram uma maior quantidade de água nos ensaios de capilaridade se comparado com a amostra de 10%. Ainda assim, tais amostras absorveram menos água do que a argamassa de referência. Isso ocorreu, principalmente, por alguns dos grãos do RCV trabalharem como filler na mistura da argamassa, preenchendo os vazios, e como a cerâmica é um material que tem uma alta absorção, essa propriedade se manteve na argamassa de revestimento.

Nota-se que as demais propriedades não apresentaram alterações significativas, especialmente pela porcentagem de substituição ter sido efetuada em relação à cal no traço da mistura, e pelo fato de ambos os materiais possuírem massa específica semelhante.

Dessa forma, avaliando os resultados obtidos com foco em uma redução nas variações higrotérmicas das argamassas usadas em revestimentos, torna-se possível concluir que a argamassa de revestimento com substituição de 20% de RCV em relação à massa de cal torna-se a melhor alternativa, pois apresenta uma melhoria visível em suas propriedades, ao mesmo tempo em que reduz a absorção de água em relação à argamassa de referência. Financeiramente, essa opção acaba por reduzir os custos finais, pois ocorre a diminuição da quantidade de cal utilizada no processo.

## REFERÊNCIAS

- [1] SANTOS, F. I. G. **Avaliação de Propriedades Higrotérmicas das argamassas: estudo de caso com as cinzas pesadas**. Tese de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- [2] THOMAZ E. **Trincas em Edifícios**. São Paulo, Editora Pini, 1996. 194p.
- [3] CASOTTI, Denis Eduardo. **Causas e recuperação de fissuras em alvenaria**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade de São Francisco, 2007.
- [4] BAROGHEL, B. V.; MAINGUY, M.; LASSABATERE, T.; COUSSY, O. **Characterization and identification of equilibrium and transfer moisture properties for ordinary and high-performance cementitious materials**. Cement and Concrete Research, Volume 29, Issue 8, August 1999, P. 1225-1238.
- [5] DIAS, J. F. **Avaliação de resíduos da fabricação de telhas cerâmicas para seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo**. Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2004. 251 p.



- [6] VIANA, L. S., VELASCO, R. V., SILVOSO, M. M. **Argamassas e Concretos com a adição de resíduos cerâmicos e de rochas ornamentais**. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2016.
- [7] **Associação Nacional da Indústria Cerâmica**. Disponível em: <<https://www.anicer.com.br/anicer/setor/>> Acesso em: 06 de fev. 2019.
- [8] METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: PINI, 2008.
- [9] SABIR, B. B.; WILD, S. E.; BAI, J. **Metakaolin and calcined clays as pozzolans for concrete: a review**. Cement & Concrete Composites, London, UK, v. 23, p.441-454, 2001.
- [10] FONTES, T., FARIA, P., SILVA, V. **Caracterização de argamassa de cal hidráulica natural com metacaulino e resíduo cerâmico**. Universidade Nova de Lisboa. Congresso Construção, Coimbra, Portugal, 2012
- [11] Silva Mendes, Bruno, Vitorino de Borja, Edilberto, **Estudo experimental das propriedades físicas de argamassas com adição de resíduos de cerâmicas vermelhas recicladas**. 2007. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oaid>> Acesso em: 6 de fev. 2019.
- [12] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16372 – Determinação da Finura pelo método de permeabilidade ao ar**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- [13] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16605 – Determinação da Massa Específica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- [14] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215 – Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- [15] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13276 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- [16] BALDIN, C. R. B. **Estudo da influência da substituição parcial do cimento por resíduos de cerâmica vermelha na transferência de calor em placas de fibrocimento**. 2019. 117 f. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.