

ANÁLISE DA RETENÇÃO DE ÁGUA E DO TEMPO DE PEGA DE ARGAMASSAS COM REJEITOS DA INDÚSTRIA CERÂMICA

C. Effting^a, A. Schackow^a, S. L. Siqueira^a, S. L. Correia^b,

Universidade do Estado de Santa Catarina, (UDESC/CCT)

^aDepartamento de Engenharia Civil

^bPrograma de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais - PGCEM

Rua Paulo Malschitzki, s/n - 89223-100 – Joinville/SC

carneane@joinville.udesc.br

RESUMO

Nesta pesquisa analisou-se propriedades físicas de argamassas e pastas contendo resíduo cerâmico. Foi medido o índice de consistência e a retenção de água em argamassas e o tempo de pega em pastas. Parte do cimento das argamassas e pastas foi substituída por resíduos cerâmicos reciclados (0, 10, 25 e 40% massa). A presença do RC na argamassa diminuiu o índice de consistência, devido ao fato das pozolanas serem reativas e tenderem a aumentar o consumo de água. Obteve-se um aumento de 17% na retenção de água da argamassa com 40% de RC em relação à argamassa sem RC, melhorando o produto endurecido. Os tempos de pega foram minimizados, conforme o aumento de RC nas pastas, visto que a cinética de hidratação torna-se mais rápida, de acordo com o aumento da quantidade de pozolana na mistura, formando cristais de C-S-H (silicatos de cálcio hidratados), elemento responsável pelo endurecimento da pasta.

Palavras-chave: Argamassa; Resíduos cerâmicos; Retenção de água em argamassas; Tempo de pega; Atividade pozolânica.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade tem desenvolvido nos últimos anos um senso comum de preocupação com o consumo dos recursos naturais e os efeitos e consequências que podem se desenvolver caso não se crie soluções tecnológicas que tornem este

consumo menos prejudicial e mais eficiente.

O motivo que originou esta pesquisa foi criar alternativas para a construção civil. Analisando o reaproveitamento de resíduos cerâmicos com o desenvolvimento de pesquisa universitária coligada às necessidades dos consumidores e assim permitir o crescimento, em termos de desenvolvimento tecnológico, gestão ambiental e bem estar social.

A reciclagem de recursos sempre esteve presente no cotidiano humano, mas com a busca de um sistema com desenvolvimento sustentável, muitos produtos que antes utilizavam matéria-prima exclusivamente de extração do meio natural passaram a incorporar elementos reciclados em sua composição.

Os impactos ambientais ocasionados pela extração de argila e calcário - principais matérias-primas na confecção do cimento - o alto consumo energético e a elevada taxa de emissão de dióxido de carbono para a atmosfera são os efeitos considerados mais danosos dessa indústria. ⁽¹⁾

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade da pesquisa através da análise da substituição parcial de cimento *Portland* por resíduo cerâmico - proveniente da fabricação de tijolos para a obtenção de um material pozolânico em misturas de argamassa de revestimento.

Deste modo, a presente pesquisa foi desenvolvida, analisando 3 propriedades físicas das argamassas: o índice de consistência, retenção de água e tempo de pega. Produzidas a partir de diferentes proporções previamente estabelecidas de resíduos cerâmicos reciclados (10, 25 e 40%). Objetivando a redução dos custos de produção e da quantidade desses resíduos descartados no ambiente.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Os materiais utilizados foram:

- (a) Cimento Portland, tipo CP II – Z32, comercialmente usado na região.
- (b) Resíduo Cerâmico (RC), amostras fornecidas pela Cerâmica Geraldi Ltda, de Joinville/SC. As amostras foram moídas em moinhos de bolas a seco até a obtenção de um pó com granulometria inferior a 45µm;
- (c) Agregado miúdo, constituído por areia média extraída de rios da região nordeste

do estado de Santa Catarina, com módulo de finura de 2,34 e a dimensão máxima característica do agregado igual a 2,4mm.

(d) Cal hidratada - CH-III da marca Cem Massical - todas as misturas analisadas foram preparadas com 24 horas de antecedência, para obtenção de uma argamassa com cal hidratada;

(e) Água, obtida da concessionária de abastecimento;

2.2. Procedimento experimental

A pesquisa obteve-se a seguir uma linha de caminamento, onde o traço inicial na confecção das argamassas foi estabelecido em volume - 1: 1,5: 6,0. E a partir deste foi determinado um novo traço em massa, empregando as respectivas massas unitárias dos agregados miúdos e do resíduo cerâmico (RC), resultando em 1: 1,04: 8,37.

O fator água/cimento (W/C) empregado foi de 2,50. A partir deste traço em massa – sem RC – foram gerados mais três traços onde se levou em consideração a substituição de cimento *Portland* por rejeitos cerâmicos (10%, 25% e 40%, em peso). Assim foram obtidas as quatro misturas as quais foram submetidas ao ensaio de retenção de água e índice de consistência (G0, G10, G25 e G40).

Na preparação das argamassas para o ensaio de retenção de água e índice de consistência, foi utilizada a NBR 13276 (ABNT, 2005) ⁽²⁾, determinada para pastas à base de cimento, cal hidratada e areia.

Avaliou-se para cada propriedade as características das quatro misturas com 0, 10%, 25% e 40% de RC substituindo o cimento. Na tabela 1 podem-se observar as quantidades de material utilizados em cada mistura.

Tab. 1 . Material utilizado para ensaio de consistência e retenção de água.

Quantidade em massa (g)					
Misturas	Cimento	RC	Cal Hidratada	Areia	Água
G0	157,87	0	163,68	1322,1	394,69
G10	137,66	15,3	167,48	1352,8	382,39
G25	108,86	36,29	173,54	1401,7	362,87
G40	82,06	54,71	180,08	1454,5	341,93

Com as argamassas frescas foram realizados ensaios de consistência por espalhamento, As quantidades foram pesadas em balança digital com precisão de 0,1 g, conforme o traço em massa.

A determinação do valor de espalhamento das mesmas teve como objetivo aferir a trabalhabilidade da argamassa, isto é, determinar a melhor consistência possível para cada aplicação (argamassa de execução de rebocos, assentamentos de alvenaria, regularização, etc).

Equipamentos para realizar o ensaio: mesa para índice de consistência; molde tronco cônico; balança com resolução de 0,1g; soquete metálico de compactação, com 15 mm de diâmetro; misturador mecânico; paquímetro para medições ate 300mm, com resolução de pelo menos 1mm.

Para determinação da retenção de água das argamassas (G0, G10, G25 e G40) foi utilizado o método especificado pela norma NBR 13277 (ABNT, 2005) ⁽³⁾. Os valores de cada material, nas quatro misturas, foram os mesmos utilizados para o experimento de espalhamento. Equipamentos necessários para realização do ensaio: funil de *Bucnher* modificado, com bomba de vácuo; discos de papel-filtro (200mm); soquete metálico; régua metálica (300mm); cronômetro; balança com resolução de 0,1g;

Este ensaio estabelece o valor que é retido em água na argamassa de assentamento e revestimento, através das fórmulas (A) e (B).

$$R_a = \left[1 - \frac{m_a - m_s}{AF (m_a - m_v)} \right] \times 100 \quad (A)$$

$$AF = \frac{m_w}{m + m_w} \quad (B)$$

Onde:

m_a – massa do conjunto com argamassa (g);

m_s – massa do conjunto após a sucção (g);

m_v – massa do conjunto vazio (g);

AF – fator água/argamassa fresca (g);

m_w – massa total de água acrescentada à mistura (g);

m – massa da soma dos componentes anidros na argamassa (g);

Os ensaios de início e fim de pega foram executados com uma amostra de pasta contendo apenas cimento *Portland* (G0), utilizada como referência e em amostras de pastas de cimento contendo 10, 25 e 40% de resíduo cerâmico em substituição ao cimento (em massa), dotado de uma única finura - 45µm.

Com as pastas de consistência normal determinadas – obtidas por tentativa e erro até que a sonda penetre 6 ± 1 mm da placa de vidro. Foi efetuado testes com as pastas até se obter a relação de W/C necessária para que resultasse na consistência normal pretendida por norma.

Após a obtenção das pastas com o teor de água e cimento/resíduos cerâmicos adequados, foi analisado o tempo de pega para cada pasta isoladamente. Os tempos de pega do cimento foram medidos usando o aparelho de *Vicat* com diferentes dispositivos de penetração.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Índice de consistência

A figura 1 exibe os resultados do ensaio de índice de consistência, com os três diâmetros de espalhamento obtidos da argamassa no estado fresco e o diâmetro médio respectivo, expressos em milímetros.



Fig. 1 – Gráfico indicando o índice de consistência das argamassas analisadas.

Neste ensaio, verificou-se uma queda gradativa no índice de consistência, acompanhando o aumento do teor de RC. Destaque para o traço de 40% de

substituição de cimento pelo resíduo cerâmico, apresentando uma diminuição mais representativa no espalhamento. Conforme Mehta e Monteiro (1994)⁽¹⁾, para uma dada consistência, o emprego de materiais com uma área específica muito elevada - neste experimento foi empregado um RC com finura de 45µm - como as pozolanas são altamente reativas tendem a aumentar o consumo de água nas argamassas.

É importante ressaltar que para a aplicação da argamassa é necessário uma quantidade ótima de água, e essa determina uma consistência ótima, que é proporcionada de acordo com a natureza dos materiais.

Então o índice de consistência juntamente com a plasticidade são fatores condicionantes da propriedade que confere a trabalhabilidade de uma argamassa, que nesse ensaio conseguiu ser atingida.

3.2. Retenção de água

Sendo a retenção de água a capacidade que a argamassa apresenta de reter a água de amassamento contra a sucção da base ou contra a evaporação, e também é responsável por permitir que as reações de endurecimento da argamassa se tornem mais gradativa, promovendo a adequada hidratação do cimento e consequente ganho de resistência, conclui-se que com a substituição do cimento Portland essa propriedade é enriquecida com os resíduos cerâmicos inseridos nas argamassas, como se pode ver na figura 2.

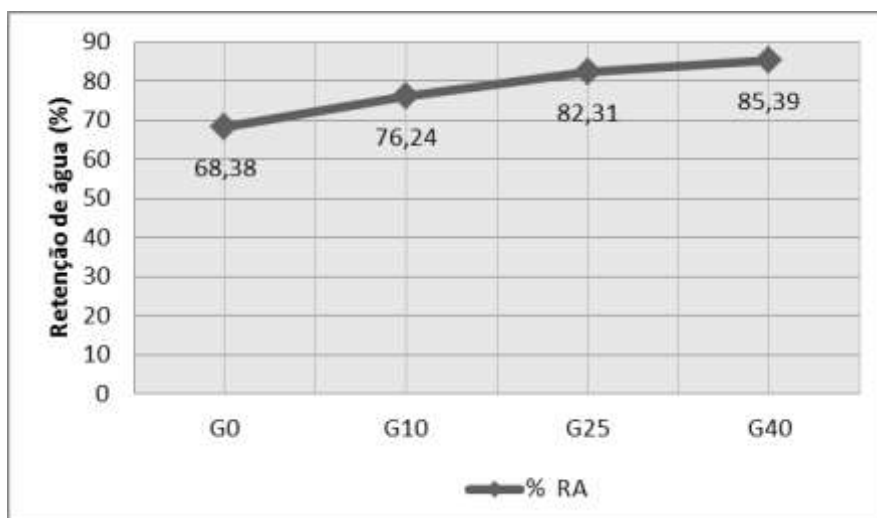


Fig. 2 - Gráfico comparativo entre a retenção de água das misturas.

Conclui-se que tendo um tempo de hidratação maior, a argamassa não sofrerá retração, que é a perda rápida e acentuada de água de amassamento, fato esse que ocasiona as fissuras em revestimentos. Logo com as argamassas apresentadas é possível ter uma maior retenção de água. Apresentando uma amplitude de 17,0% entre a mistura convencional (sem substituição de resíduos) e a argamassa com maior substituição de cimento por rejeitos de tijolos, ensaiada nesse experimento.

3.3. Tempo de Pega

Segundo a norma NBR NM43 (ABNT, 2003) ⁽⁴⁾ utilizada os tempos de início de pega não devem ser inferiores a 1 (uma) hora. Para os tempos relativos ao fim de pega a mesma especifica que não exceda um total de 10 horas. Deste modo, pode-se considerar os resultados apresentados, pois encontram-se dentro deste intervalo.

Analisando a figura 3 é possível perceber que os tempos de pega diminuíram proporcionalmente com o aumento da quantidade de resíduo de tijolos nas pastas.

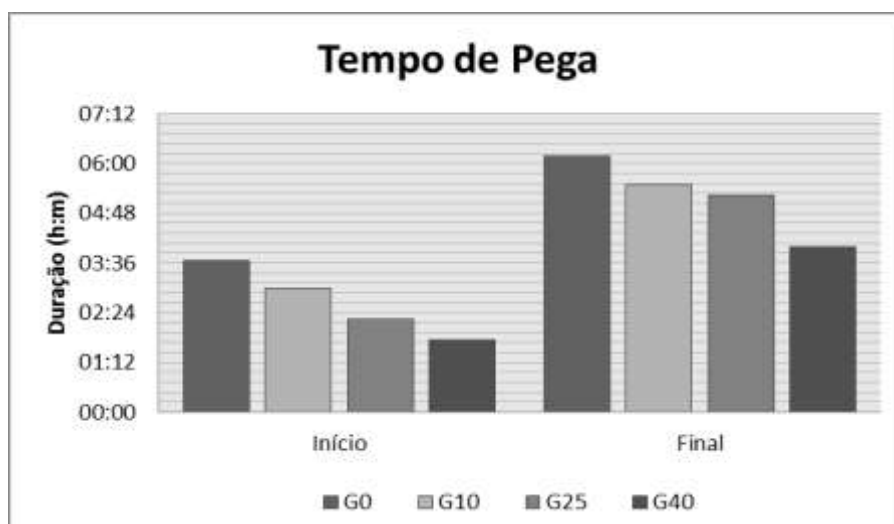


Fig. 3 - Gráfico de avaliação do tempo de pega das amostras.

Isso se explica pelo fato da reação de hidratação ser acelerada a curto prazo, a cinética de hidratação torna-se cada vez mais rápida de acordo com o aumento da

quantidade de pozolana na mistura. Por consequência, os cristais de C-S-H, elemento responsável pelo endurecimento da pasta, existem em grande quantidade no período inicial de pega.⁽⁵⁾ .

Quando inserida a pozolana nesse conjunto a mesma reage com o CH (hidróxido de cálcio) da pasta de cimento, e não apenas o consome ao invés de produzi-lo, como também produz novos compostos cimentícios resistentes como o silicato de cálcio hidratado, abreviado na forma de C-S-H, o que se chama de reação pozolânica.⁽¹⁾

Então, quanto maior a finura do resíduo cerâmico maior a sua área específica, o que ocasiona um aumento da cinética das reações de hidratação do cimento, e conseqüentemente uma maior possibilidade de precipitação dos produtos oriundos destas reações, como o C-S-H, CH e principalmente os aluminatos de cálcio, responsáveis pelo tempo de pega⁽⁶⁾.

4. CONCLUSÕES

As argamassas produzidas apresentaram índice de consistência, tempo de pega e retenção de água dentro dos moldes estabelecidos por norma.

Para o índice de consistência nas argamassas a pesquisa mostrou que com a substituição tem-se uma pasta gradativamente mais seca. Logo se pode relacionar a diminuição do índice de consistência à finura do RC utilizado, pois as pozolanas inseridas na argamassa tem um potencial de reação muito grande, ocasionando o consumo maior de água.

Pôde-se atingir com a substituição de cimento por RC uma retenção de água de até 17% maior. Com um tempo de hidratação maior, a argamassa não apresentará tantas retrações, pois a perda de água de amassamento da mistura será mais gradativa, enriquecendo assim as reações de endurecimento.

E para o tempo de pega das pastas, concluiu-se que aumentando a quantidade de resíduo, o tempo de pega é reduzido, e com isso diminui também o tempo de trabalhabilidade da mesma. Logo os rejeitos de tijolos podem ser considerados aceleradores de pega, pois encurtaram em aproximadamente 2 horas o tempo de pega final, da mistura G40.

A possibilidade do aproveitamento deste resíduo como adição pozolânica, transformando-o num produto, cria novas alternativas para a gestão ambiental das

industriais cerâmicas, dando uma destinação mais nobre e adequada que a sua simples deposição em aterros sanitários. E em uma menor necessidade de altos consumos de cimento (nas indústrias cimenteiras), o que originará melhoramentos, como na diminuição da agressão ao meio ambiente e menores índices de CO₂ na atmosfera.

REFERÊNCIAS

1. MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: ed. PINI, 1994.
2. 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, 2005.
3. _____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.
4. _____. **NBR NM 43**: Cimento Portland- Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 2002.
5. NACERI A.; HAMINA C. M.; GROSSEAU P. **Physico-Chemical Characteristics of Cement Manufactured with Artificial Pozzolan**. 2010. International Journal of Civil and Environmental Engineering 2:3, 2010.
6. TAYLOR H. F. W. Cement chemistry. London: Academic Press Limited, London 1990.

ANALYSIS OF WATER RETENTION AND SETTING TIMES OF MORTARS WITH
PARTIAL REPLACEMENT PORTLAND CEMENT BY CERAMIC
INDUSTRY WASTES

ABSTRACT

In this study we analyzed the physical properties of mortars and pastes containing ceramic waste. The consistency index and retention of water in mortars and setting times into folders was measured. Part of cement mortar pastes and was replaced by recycled ceramic waste (0, 10, 25, and 40 mass%). The presence of RC the mortar consistency index decreased due to the fact of pozzolans are reactive and tend to increase water consumption. There was obtained a 17% increase in water retention of the mortar with 40% RC compared to RC without mortar, thus improving the hardened product. The times were minimized according to the increase in RC pastes, since the hydration kinetics becomes faster in accordance with the increase of the quantity of pozzolan in the mixture, forming CSH crystals (hydrated calcium silicates), element responsible for the hardening of the paste.

Keywords: Mortar; Wastes bricks; Water rentetivity mortar; setting time; Pozzolanic activity.